

Protupožarna zaštita brodova koji prevoze radioaktivne terete

Linić, Klaudio

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies, Rijeka / Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:187:369650>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-29**



Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet
University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies

Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies - FMSRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI
POMORSKI FAKULTET

KLAUDIO LINIĆ

PROTUPOŽARNA ZAŠTITA BRODOVA KOJI PREVOZE
RADIOAKTIVNE TERETE

ZAVRŠNI RAD

Rijeka, 2023.

SVEUČILIŠTE U RIJECI

POMORSKI FAKULTET

**PROTUPOŽARNA ZAŠTITA BRODOVA KOJI PREVOZE
RADIOAKTIVNE TERETE**

**FIRE PROTECTION OF SHIPS CARRYING RADIOACTIVE
CARGO**

ZAVRŠNI RAD

Kolegij: Sigurnost na moru

Mentor: Damir Zec

Student: Klaudio Linić

Studijski smjer: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112079627

Rijeka, svibanj 2023.

Student: Klaudio Linić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112079627

IZJAVA O SAMOSTALNOJ IZRADI ZAVRŠNOG RADA

Kojom izjavljujem da sam završni rad s naslovom *PROTUPOŽARNA ZAŠTITA BRODOVA KOJI PREVOZE RADIOAKTIVNE TERETE* izradio samostalno pod mentorstvom *prof. dr. sc. Damira Zeca*.

U radu sam primijenio metodologiju izrade stručnog/znanstvenog rada i koristio literaturu koja je navedena na kraju završnog rada. Tuđe spoznaje, stavove, zaključke, teorije i zakonitosti koje sam izravno ili parafrazirajući naveo u završnom radu na uobičajen, standardan način citirao sam i povezao s fusnotama i korištenim bibliografskim jedinicama, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Rad je pisan u duhu hrvatskoga jezika.

Student



Klaudio Linić

Student: Klaudio Linić

Studijski program: Nautika i tehnologija pomorskog prometa

JMBAG: 0112079627

IZJAVA STUDENTA – AUTORA
O JAVNOJ OBJAVI OBRANJENOG ZAVRŠNOG RADA

Izjavljujem da kao student – autor završnog rada dozvoljavam Pomorskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci da ga trajno javno objavi i besplatno učini dostupnim javnosti u cjelovitom tekstu u mrežnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta.

U svrhu podržavanja otvorenog pristupa završnim radovima trajno objavljenim u javno dostupnom digitalnom repozitoriju Pomorskog fakulteta, ovom izjavom dajem neisključivo imovinsko pravo iskorištavanja bez sadržajnog, vremenskog i prostornog ograničenja mog završnog rada kao autorskog djela pod uvjetima *Creative Commons* licencije CC BY Imenovanje, prema opisu dostupnom na <http://creativecommons.org/licenses/>

Student - autor



SAŽETAK

U ovom radu bit će riječi o osnovama zračenja, instrumentima za praćenje istog te o osobnoj zaštiti od zračenja. Govorit će se o IMDG Kodeksu te o karakteristikama specifičnih radioaktivnih tereta, njihovom pakiranju, označavanju te krcanju i slaganju u brodski prostor. Također bit će navedena specifična dokumentacija koja mora pratiti ovakvu vrstu tereta, te pojedine vrste brodova koji mogu prevoziti radioaktivni teret.

Na kraju će biti riječi o protupožarnoj zaštiti tereta, ljudi, imovine i okoliša te o vodiču medicinske prve pomoći za opasne tvari kojeg je potrebno primijeniti unesrećenima u slučaju izloženosti radioaktivnom materijalu.

Ključne riječi: zračenje, radioaktivni materijal, IMDG Kodeks, radioaktivni paketi, protupožarna zaštita

SUMMARY

This paper will discuss the background of radiation, monitoring instruments and personal protection against radiation.

The IMDG Code will be discussed, as well as the characteristics of specific radioactive cargoes, their packaging, labelling, loading and stacking onto the ship's space. Specific documentation that must accompany this type of cargo will be listed, also the types of vessels used for the transportation of radioactive cargo.

In the end, there will be a discussion about the fire protection of cargo, people, property and the environment, as well as the medical first aid guide for dangerous goods, which must be applied to the injured in the case of exposure to radioactive material.

Keywords: radiation, radioactive material, IMDG code, radioactive packages, fire protection

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	I
SUMMARY.....	I
SADRŽAJ.....	II
1. UVOD	1
2. ZRAČENJE	3
2.1. IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE	4
2.1.1. <i>Radioaktivnost.....</i>	<i>4</i>
2.1.2. <i>Mjerenje radioaktivnosti.....</i>	<i>5</i>
2.1.3. <i>Osobna zaštita od zračenja</i>	<i>7</i>
3. RADIOAKTIVNI TERET	10
3.1. MEĐUNARODNI POMORSKI KODEKS OPASNIH TVARI	13
3.2. KARAKTERISTIKE SPECIFIČNOG RADIOAKTIVNOG TERETA.....	14
3.2.1. <i>Materijal niske specifične aktivnosti.....</i>	<i>14</i>
3.2.2. <i>Površinski kontaminirani predmet</i>	<i>15</i>
3.2.3. <i>Fizijski materijal</i>	<i>15</i>
3.2.4. <i>Poseban dogovor</i>	<i>16</i>
4. PAKIRANJE RADIOAKTIVNIH MATERIJALA	17
4.1. IZUZETI PAKETI	17
4.2. INDUSTRIJSKI PAKETI	18
4.3. PAKETI TIP A	21
4.4. PAKETI TIP B.....	23
4.5. PAKETI TIP C	24
5. OZNAČAVANJE RADIOAKTIVNIH TERETA.....	25
5.1. OZNAČAVANJE.....	25
5.2. NALJEPNICE.....	25
6. PRIJEVOZ I DOKUMENTACIJA RADIOAKTIVNIH TERETA U POMORSKOM PROMETU	28
7. SLAGANJE RADIOAKTIVNIH TERETA NA BRODOVIMA	32
7.1. RADIOAKTIVNI TERET NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ KONTEJNERA 35	
7.2. RADIOAKTIVNI TERETI NA RO-RO BRODOVIMA	37

7.3. RADIOAKTIVNI TERET NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA.....	38
7.4. RADIOAKTIVNI TERET NA NAMJENSKI GRAĐENIM BRODOVIMA.....	38
8. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ RADIOAKTIVNIH TERETA	40
8.1. PROTUPOŽARNI RASPORED RADIOAKTIVNOG TERETA.....	42
7.1.1. <i>Požar na namjenskim brodovima za prijevoz radioaktivnog tereta.....</i>	<i>44</i>
7.1.2. <i>Posebni slučajevi požara radioaktivnih tereta.....</i>	<i>44</i>
8.2. RASPORED U SLUČAJU IZLJEVA RADIOAKTIVNOG TERETA.....	45
8.3. VODIČ MEDICINSKE PRVE POMOĆI.....	47
9. ZAKLJUČAK.....	49
LITERATURA	50
KAZALO KRATICA.....	52
POPIS SLIKA.....	54
POPIS TABLICA	55
PRILOG 1: POTVRDA IMDG KODEKSA ZA PRIJEVOZ OPASNIH TVARI	56
PRILOG 2: DEKLARACIJA O OPASNIM ILI ONEČIŠĆUJUĆIM TVARIMA.....	57
PRILOG 3: EMS VODIČ PROTUPOŽARNI RASPORED RADIOAKTIVNOG TERETA.....	59

1. UVOD

Zbog činjenice da radioaktivno zračenje može prodrijeti kroz tvari, došlo je do široke upotrebe radioaktivnih materijala koji se koriste u svrhu istraživanja, poljoprivrede, industrije i medicine. Ekološka svijest općenito raste i postaje očigledno da se energetske potrebe u budućnosti ne mogu zadovoljiti samo korištenjem ugljena ili prirodnog plina. Budući da se za proizvodnju električne energije koristi nuklearna energija, zemlje s nuklearnim reaktorima trebaju prevoziti radioaktivne materijale u pogone za ponovnu obradu prije skladištenja radioaktivnih ostataka.

Zbog svega navedenog za očekivati je da će se povećati potreba za prijevozom radioaktivnih materijala, te da će oni biti sve više uključeni u pomorski prijevoz. Obalne zemlje općenito moraju osigurati siguran prijevoz radioaktivnih materijala.

Svi radioaktivni materijali koji se prevoze kopnom, morem i zrakom su u skladu sa zakonskim normama koja su danas univerzalna i standardizirana prema IAEA-inim sigurnosnim propisima za prijevoz radioaktivnih materijala [1]. Takva regulativa uvedena je kako bi se osigurala potrebna zaštita radnika, stanovništva i okoliša od štetnih i radioaktivnih materijala te od njihovog širenja u slučaju nesreće.

Prijevoz radioaktivnih tereta uključuje određeni rizik koji može dovesti do potencijalnih nesreća kao što su požar, zagađenje okoliša, oštećenje imovine, ili u najgorem slučaju ozljede ljudi.

Prije samog fizičkog prijevoza radioaktivnih tereta potrebno je provesti sigurnosne kontrole i mjerenja; provjeriti ispravnost brtvi paketa i ostalih komponenti; izvesti test ispuštanja štetnih plinova; provesti radijacijska mjerenja na specifičnim lokacijama paketa te osigurati protupožarnu zaštitu. Institucije koje se brinu o prijevozu takvih tereta moraju zadovoljiti međunarodne sigurnosne regulative, tehničko stanje prijevoznog sredstva, odabir rute, osposobljenost radne snage, označavanje paketa, dokumentaciju i sl.

Nužne sigurnosne mjere uključene su u cijeli prijevozni proces, a započinju specifičnim pakiranjem materijala. Vrlo male količine radioaktivnog materijala mogu se prevoziti u paketima koji ne podliježu posebnim sigurnosnim propisima.

Veće količine radioaktivnog materijala (nuklearna medicina i istraživački centri) prevoze se u paketima Tipa A koji moraju izdržati uvjete normalnog prijevoza. Velike količine radioaktivnog materijala, kao što su radioaktivni izvori iz medicine i industrije, istrošeno nuklearno gorivo i razni štetni materijali, prevoze se u paketima Tipa B koji moraju

izdržati teške nesreće koje se mogu javiti u pomorskom prijevozu, bez da se značajnije naruši njihov integritet.

Sigurnosne mjere obuhvaćaju razne postupke zaštite od posljedica nesreća. Nakon 11. rujna 2001. pojačana je osjetljivost na mogućnost terorizma. Postoji cijeli niz mjera zaštite, kao što su kvaliteta proizvodnje materijala za konstrukciju, sigurnosna pratnja tereta, kontrola pristupa, provjeravanje zaposlenika, satelitsko praćenje pozicije broda i sl. Cilj je minimalizirati ukupno vrijeme prijevoza i klasificirati njegove informacije – rutu prijevoza te dan i vrijeme iskrcaja.

Stoga je IAEA poduzela inicijativu podizanja razine sigurnosti u prijevozu radioaktivnih tereta, što je nadopuna postojećem sigurnosnom modelu UN-a. Propisi obuhvaćaju sve potencijalno opasne terete – eksplozive, zapaljive plinove i tekućine, opasne kemikalije te opisane radioaktivne materijale ovog završnog rada.

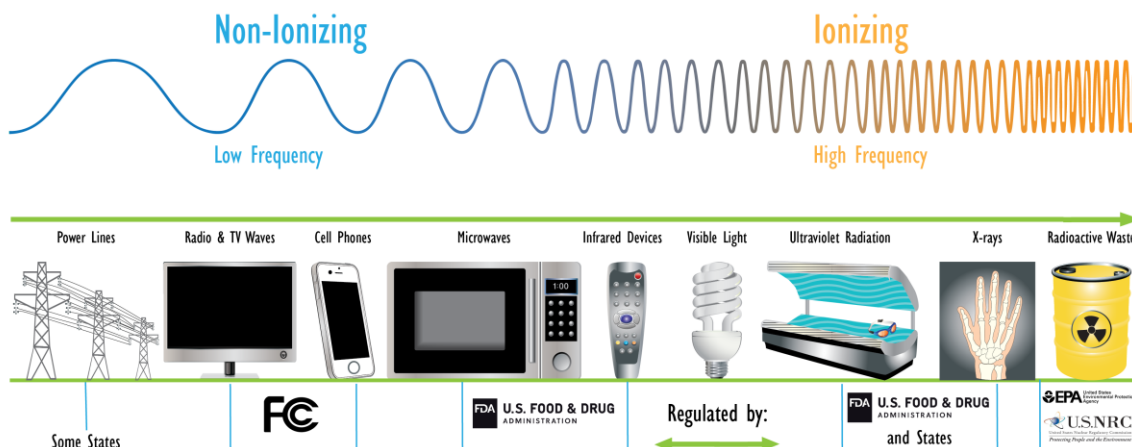
2. ZRAČENJE

Riječ "zračenje" je pojam za valove koji zrače, odnosno koji se kreću u svim smjerovima iz izvora zračenja. **Radijacija ili zračenje** je prijenos energije u obliku elektromagnetskih valova ili čestica kroz prostor ili kroz određeni materijalni medij.

Zračenje se može kategorizirati kao ionizirajuće ili neionizirajuće, ovisno o energiji zračenih čestica. **Neionizirajuće zračenje** ima dovoljno energije za pomicanje atoma u molekuli, ali nedovoljno za uklanjanje elektrona iz atoma. Primjeri ove vrste zračenja su **radiovalovi i vidljiva svjetlost**. **Ionizirajuće zračenje** ima toliko energije da može izbaciti elektrone iz atoma. Taj proces naziva se **ionizacija** – kidanje kemijskih veza. Ovo je zračenje vrlo štetno za žive organizme.

Gledajući elektromagnetski spektar (slika 1), neionizirajuće niže energije ne mogu ionizirati atome, ali mogu poremetiti molekularne veze. Dobar primjer za to su opekline uzrokovane sunčevim ultraljubičastim zračenjem. Radiovalovi i manja zračenja ne smatraju se štetnima za biološke sustave.

Electromagnetic Spectrum



Slika 1: Ionizirajući i neionizirajući dio elektromagnetskog spektra [9]

2.1. IONIZIRAJUĆE ZRAČENJE

Riječ "*ionizirati*" odnosi se na odvajanje jednog ili više elektrona od atoma. Ionizirajuće zračenje može utjecati na atome u živim bićima, pa predstavlja zdravstveni rizik oštećivanja tkiva i DNK u genima.

Uobičajeni izvor ionizirajućeg zračenja su radioaktivni materijali koji emitiraju alfa i beta čestice ili gama zračenja, dok se njihovi atomi radioaktivno raspadaju. Ostali izvori uključuju X-zrake medicinskih radiografskih pregleda i zrake iz svemira.

2.1.1. Radioaktivnost

Radioaktivni raspad ili radioaktivnost je emisija energije u obliku ionizirajućeg zračenja. Ionizirajuće zračenje koje se emitira može uključivati alfa čestice, beta čestice i/ili gama zrake. Radioaktivni raspad događa se u nestabilnim atomima koji se nazivaju ***radionuklidi***¹. [11]

Alfa čestice (α) su pozitivno nabijene i sastoje se od dva protona i dva neutrona. Nastaju raspadom najtežih radioaktivnih elemenata, poput urana, radija i polonija. Iako sadržavaju puno energije, ne kreću se daleko od izvora. Toliko su teške da potroše svu energiju na kratkim udaljenostima.

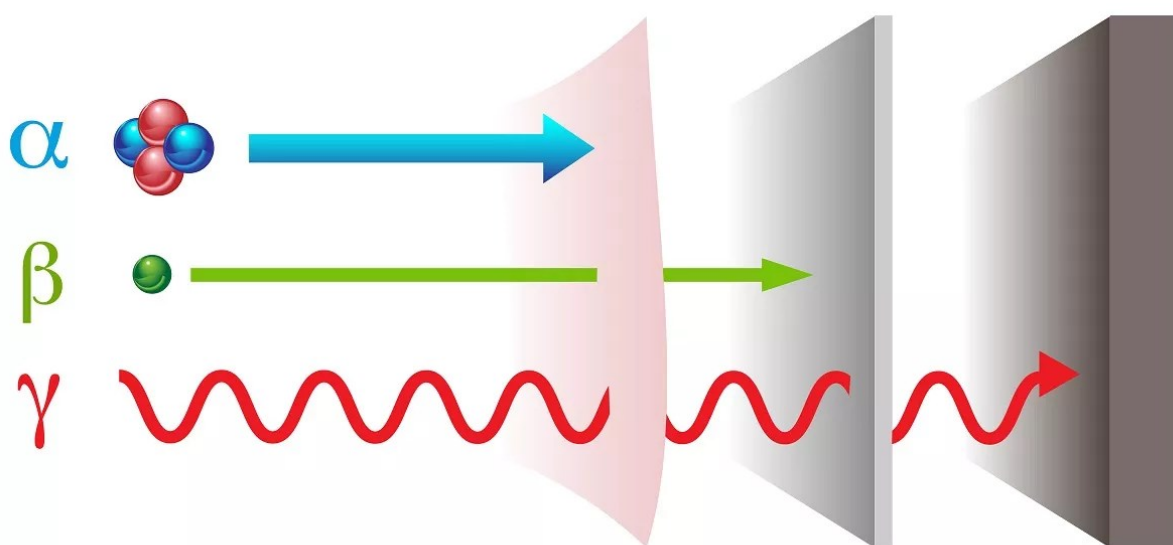
Zdravstveni učinak izloženosti alfa česticama uvelike ovisi o tome na koji način im je osoba izložena. Alfa čestice ne mogu prodrijeti kroz vanjski sloj kože, tako da izloženost vanjskog dijela tijela nije opasna po zdravlje. Međutim ako se udahnu, progutaju ili dospiju u tijelo kroz posjekotinu, mogu oštetiti živo tkivo te teško oštetiti DNK. Način na koji uzrokuju štetu čine ih opasnijima od drugih vrsta zračenja.

Beta čestice (β) su male brze čestice s negativnim električnim nabojem koje se emitiraju iz jezgre atoma tijekom radioaktivnog raspada. Prodiru dublje od alfa čestica, ali ih odjeća ili aluminij mogu zaustaviti. Ukoliko uspiju prodrijeti kroz kožu, mogu uzrokovati opekline. Međutim, kao i kod alfa čestica, beta čestice su najopasnije kada se udahnu ili progutaju.

¹ Radionuklidi – nestabilni atomi podložni radioaktivnom raspadu i zračenju alfa, beta čestica ili gama zraka

Za razliku od alfa i beta čestica koje imaju masu, **Gama zrake** (γ) imaju prirodu elektromagnetskih valova (imaju vrlo malu valnu duljinu, veliku frekvenciju te putuju brzinom svjetlosti). Često se emitiraju zajedno s alfa ili beta česticama tijekom radioaktivnog raspada.

Zbog toga što lako prodiru kroz kožu i odjeću te u potpunosti prolaze kroz ljudsko tijelo, predstavljaju veliku opasnost. Gama zrake imaju toliku moć prodiranja da je za njihovo zaustavljanje potrebno nekoliko centimetara gustog materijala, poput olova ili betona. [11]



Slika 2: Prodiranje ionizacijskih zračenja [10]

2.1.2. Mjerenje radioaktivnosti

Radioaktivni raspad mjeri se u **bekerelima** (**Bq**), mjerna jedinica nazvana prema znanstveniku Henriju Becquerelu. Aktivnost od 1 Bq znači jedan radioaktivni raspad u sekundi ($\text{Bq} = \text{s}^{-1}$). Također se upotrebljava i veća jedinica **kiri** (**Ci**). 1 Ci iznosi 3.7×10^{10} Bq.

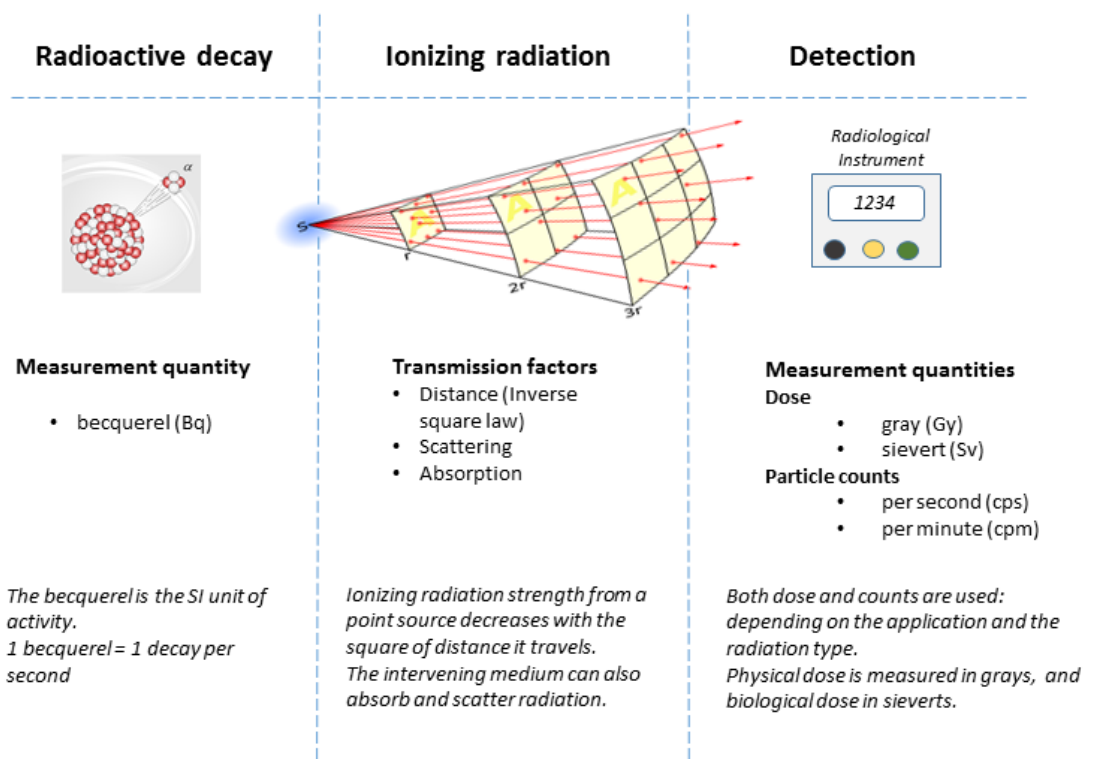
Da bi se mjerila energija koju je određena tvar apsorbirala koristi se jedinica **grej** (**Gy**). Omjer te energije i mase tijela koje ju je apsorbiralo zove se **apsorbirana doza**. Ako se energija od 1 J apsorbira u 1 kg tvari govorimo o apsorbiranoj dozi od 1 Gy.

Svaka vrsta zračenja (α , β , γ) ima drugačiji utjecaj na žive stanice, koji se opisuje faktorom Q. Zato se definira **ekvivalentna doza** koju dobijemo tako da apsorbiranu dozu pomnožimo faktorom Q. Jedinica za ekvivalentnu dozu je **sivert (Sv)**.

Uglavnom, učinci ionizirajućeg zračenja mjere se u grejevima za fizičke količine apsorbirane doze, dok se u medicinskom smislu kod oštećenja tkiva koriste siverti.

Brzina doze je količina apsorbiranog zračenja po jedinici vremena mjerena u **milisivertima i mikrosivertima** (mSv/h i μ Sv/h).

Radioactivity and Ionizing Radiation



Slika 3: Odnos između radioaktivnosti, ionizirajućeg zračenja i mjernih jedinica [11]

2.1.3. Osobna zaštita od zračenja

Osobna zaštita od zračenja uključuje svu opremu i uređaje koji sprječavaju izlaganje radioaktivnom materijalu. Budući da ono utječe na ljude unutarnjom i vanjskom kontaminacijom, postoje različite zaštite od štetnih učinaka izloženosti zračenju.

Nepropusno zaštitno odijelo s kemijskom otpornošću

Koristiti se u slučaju izljeva na brodu kako posada ne bi došla u direktni kontakt s radioaktivnim tvarima. U odijelo se ulazi sa stražnje strane. Na kapuljači se nalazi otvor dizajniran za nošenje aparata za disanje. Odijelo se eventualno može opremiti maskom koja prekriva cijelo lice i lijepi se na kapuljaču.

Opremljeno je ventilom za nadtlak, koji se nalazi na prsima, kako bi se ispustio višak zraka unutar odijela. Rukavice i čizme su izrađene od sintetičke gume i pričvršćene su nastavkom na odijelo te se mogu brzo i jednostavno zamijeniti.



Slika 4: Kemijsko zaštitno odijelo [12]

Samostalni aparat za disanje

Aparat za disanje SCBA² štiti od udisanja i gutanja radioaktivnih čestica. Koristi se pri ulasku u područje opasno po život i zdravlje. Čisti i suhi komprimirani zrak iz spremnika dolazi do maske za lice putem crijeva, a izdahnuti zrak izlazi u okolinu. Na brodu ih najčešće koriste članovi posade za gašenje požara.



Slika 5: Samostalni aparat za disanje SCBA [12]

Geiger-Müllerov brojač

Geiger-Müllerov brojač je elektronički instrument koji se koristi za detekciju i mjerenje ionizirajućeg zračenja u eksperimentalnoj fizici, nuklearnoj industriji, dozimetriji i zaštiti od zračenja. Detektira alfa čestice, beta čestice i gama zrake pomoću ionizacijskog učinka proizvedenog u njegovoj cijevi. Rutinski se primjenjuje za mjerenje stupnja ozračenosti nuklearnih elektrana, istraživačkih laboratorija ili radioaktivnih tereta.



Slika 6: Geiger-Müllerov brojač [17]

² SCBA – Self-Contained Breathing Apparatus

Dozimetar zračenja

Dozimetar zračenja je osobni uređaj koji mjeri i zapisuje dozu ionizirajućeg zračenja koju korisnik upije. Služi za mjerenje radioaktivnog zračenja oko zaposlenika koji rade uz radioaktivne izvore. Posada ga nosi sa sobom prilikom provjere vanjske kontaminacije na teretu. Najčešće se nalaze na vanjskoj strani odjeće, na prsima. Doza koju osoba upije mora biti manja od granične doze 5 mSv/godinu.

Suvremeni elektronički osobni dozimetri kontinuirano očitavaju veličinu i brzinu doze zračenja te ako prijeđu određene granice, aktivira se zvučni alarm. Koriste se u ograničenim područjima visoke radioaktivnosti. Njihovi podaci mogu se evidentirati. Dozimetri se mogu resetirati i koristiti ponovno više puta.



Slika 7: Elektronički osobni dozimetar zračenja [17]

3. RADIOAKTIVNI TERET

Radioaktivni teret je svaki teret koji sadrži radionuklide čija specifična aktivnost po jedinici mase i aktivnost unutar pakiranja prelaze vrijednosti četvrtog i petog stupca tablice 2.7.2.2.1. IMDG Kodeksa³ (slika 8). Tijekom prijevoza radioaktivnih materijala mogu se javiti rizici od **radijacije** (izloženost alfa, beta česticama i gama zračenjima) i **kontaminacije** (izravni kontakt s radioaktivnim materijalom).

Kontaminacija je prisutnost radioaktivne tvari na nekoj površini (stvari ili tijelu) veća od 0,4 Bq/cm² za beta i gama zračenja ili 0,04 Bq/cm² za alfa zračenja. Razlikujemo **fiksnu kontaminaciju** koja se ne može ukloniti s površine tijekom prijevoza i **nefiksnu kontaminaciju** koja se može ukloniti s površine tijekom prijevoza u rutinskim uvjetima.

Uz radijacijska svojstva tereta, bilo koje druge opasnosti kao što su eksplozivnost, zapaljivost, otrovnost, korozivnost te agregatno stanje materijala, bit će uzete u obzir kod pakiranja, označavanja, dokumentacije, skladištenja i segregacije.

Ako se otkrije nepridržavanje bilo kakvih granica brzine doze ili kontaminacije, krcatelj, prijevoznik ili primatelj će morati:

- poduzeti hitne korake u ublažavanju posljedica nepridržavanja
- poduzeti odgovarajuće mjere za uklanjanje uzroka nepridržavanja i spriječiti njihovo ponavljanje
- odmah obavijestiti nadležna tijela na uzroke nepridržavanja te na poduzete korektne i zaštitne radnje

³ IMDG Kodeks tablica 2.7.2.2.1. Osnovne radionuklidne vrijednosti za pojedine materijale

Radionuclide (atomic number)	A ₁ (TBq)	A ₂ (TBq)	Activity concentration limit for exempt material (Bq/g)	Activity limit for an exempt consignment (Bq)
Protactinium (91)				
Pa-230 (a)	2×10^0	7×10^{-2}	1×10^1	1×10^6
Pa-231	4×10^0	4×10^{-4}	1×10^0	1×10^3
Pa-233	5×10^0	7×10^{-1}	1×10^2	1×10^7
Lead (82)				
Pb-201	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Pb-202	4×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^6
Pb-203	4×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Pb-205	Unlimited	Unlimited	1×10^4	1×10^7
Pb-210 (a)	1×10^0	5×10^{-2}	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
Pb-212 (a)	7×10^{-1}	2×10^{-1}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Palladium (46)				
Pd-103 (a)	4×10^1	4×10^1	1×10^3	1×10^8
Pd-107	Unlimited	Unlimited	1×10^5	1×10^8
Pd-109	2×10^0	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Promethium (61)				
Pm-143	3×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Pm-144	7×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Pm-145	3×10^1	1×10^1	1×10^3	1×10^7
Pm-147	4×10^1	2×10^0	1×10^4	1×10^7
Pm-148m (a)	8×10^{-1}	7×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Pm-149	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Pm-151	2×10^0	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Polonium (84)				
Po-210	4×10^1	2×10^{-2}	1×10^1	1×10^4
Praseodymium (59)				
Pr-142	4×10^{-1}	4×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Pr-143	3×10^0	6×10^{-1}	1×10^4	1×10^6
Platinum (78)				
Pt-188 (a)	1×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Pt-191	4×10^0	3×10^0	1×10^2	1×10^6
Pt-193	4×10^1	4×10^1	1×10^4	1×10^7
Pt-193m	4×10^1	5×10^{-1}	1×10^3	1×10^7
Pt-195m	1×10^1	5×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Pt-197	2×10^1	6×10^{-1}	1×10^3	1×10^6
Pt-197m	1×10^1	6×10^{-1}	1×10^2	1×10^6
Plutonium (94)				
Pu-236	3×10^1	3×10^{-3}	1×10^1	1×10^4
Pu-237	2×10^1	2×10^1	1×10^3	1×10^7
Pu-238	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Pu-239	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Pu-240	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^3
Pu-241 (a)	4×10^1	6×10^{-2}	1×10^2	1×10^5
Pu-242	1×10^1	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Pu-244 (a)	4×10^{-1}	1×10^{-3}	1×10^0	1×10^4
Radium (88)				
Ra-223 (a)	4×10^{-1}	7×10^{-3}	1×10^2 (b)	1×10^5 (b)
Ra-224 (a)	4×10^{-1}	2×10^{-2}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Ra-225 (a)	2×10^{-1}	4×10^{-3}	1×10^2	1×10^5
Ra-226 (a)	2×10^{-1}	3×10^{-3}	1×10^1 (b)	1×10^4 (b)
Ra-228 (a)	6×10^{-1}	2×10^{-2}	1×10^1 (b)	1×10^5 (b)
Rubidium (37)				
Rb-81	2×10^0	8×10^{-1}	1×10^1	1×10^6
Rb-83 (a)	2×10^0	2×10^0	1×10^2	1×10^6
Rb-84	1×10^0	1×10^0	1×10^1	1×10^6
Rb-86	5×10^{-1}	5×10^{-1}	1×10^2	1×10^5
Rb-87	Unlimited	Unlimited	1×10^4	1×10^7
Rb (nat)	Unlimited	Unlimited	1×10^4	1×10^7

Slika 8: Pojedini radioaktivni materijali i njihove granične vrijednosti radioaktivnosti [3]

Radioaktivni teret se svrstava u klasu 7 IMDG Kodeksa⁴. Zahtijeva vrlo strogu kontrolu u svim fazama prijevoza.

Assignment of UN numbers	PROPER SHIPPING NAME and description ^a	Assignment of UN numbers	PROPER SHIPPING NAME and description ^a
<i>Excepted package</i>			
UN 2908	RADIOACTIVE MATERIAL, EXCEPTED PACKAGE — EMPTY PACKAGING	UN 3332	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE A PACKAGE, SPECIAL FORM, non-fissile or fissile-excepted ^b
UN 2909	RADIOACTIVE MATERIAL, EXCEPTED PACKAGE — ARTICLES MANUFACTURED FROM NATURAL URANIUM or DEPLETED URANIUM or NATURAL THORIUM	UN 3333	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE A PACKAGE, SPECIAL FORM, FISSILE
UN 2910	RADIOACTIVE MATERIAL, EXCEPTED PACKAGE — LIMITED QUANTITY OF MATERIAL	<i>Type B(U) package</i>	
UN 2911	RADIOACTIVE MATERIAL, EXCEPTED PACKAGE — INSTRUMENTS or ARTICLES	UN 2916	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE B(U) PACKAGE, non-fissile or fissile-excepted ^b
UN 3307	URANIUM HEXAFLUORIDE, RADIOACTIVE MATERIAL, EXCEPTED PACKAGE, less than 0.1 kg per package, non-fissile or fissile-excepted ^b	UN 3328	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE B(U) PACKAGE, FISSILE
<i>Low specific activity material</i>		<i>Type B(M) package</i>	
UN 2912	RADIOACTIVE MATERIAL, LOW SPECIFIC ACTIVITY (LSA-I), non-fissile or fissile-excepted ^b	UN 2917	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE B(M) PACKAGE, non-fissile or fissile-excepted ^b
UN 3321	RADIOACTIVE MATERIAL, LOW SPECIFIC ACTIVITY (LSA-II), non-fissile or fissile-excepted ^b	UN 3329	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE B(M) PACKAGE, FISSILE
UN 3322	RADIOACTIVE MATERIAL, LOW SPECIFIC ACTIVITY (LSA-III), non-fissile or fissile-excepted ^b	<i>Type C package</i>	
UN 3324	RADIOACTIVE MATERIAL, LOW SPECIFIC ACTIVITY (LSA-II), FISSILE	UN 3323	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE C PACKAGE, non-fissile or fissile-excepted ^b
UN 3325	RADIOACTIVE MATERIAL, LOW SPECIFIC ACTIVITY (LSA-III), FISSILE	UN 3330	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE C PACKAGE, FISSILE
<i>Surface contaminated objects</i>		<i>Special arrangement</i>	
UN 2913	RADIOACTIVE MATERIAL, SURFACE CONTAMINATED OBJECTS (SCO-I, SCO-II or SCO-III), non-fissile or fissile-excepted ^b	UN 2919	RADIOACTIVE MATERIAL, TRANSPORTED UNDER SPECIAL ARRANGEMENT, non-fissile or fissile-excepted ^b
UN 3326	RADIOACTIVE MATERIAL, SURFACE CONTAMINATED OBJECTS (SCO-I or SCO-II), FISSILE	UN 3331	RADIOACTIVE MATERIAL, TRANSPORTED UNDER SPECIAL ARRANGEMENT, FISSILE
<i>Type A package</i>		<i>Uranium hexafluoride</i>	
UN 2915	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE A PACKAGE, non-special form, non-fissile or fissile-excepted ^b	UN 2977	RADIOACTIVE MATERIAL, URANIUM HEXAFLUORIDE, FISSILE
UN 3327	RADIOACTIVE MATERIAL, TYPE A PACKAGE, FISSILE, non-special form	UN 2978	RADIOACTIVE MATERIAL, URANIUM HEXAFLUORIDE, non-fissile or fissile-excepted ^b

^a The "PROPER SHIPPING NAME" is found in the column "PROPER SHIPPING NAME and description" and is restricted to that part shown in CAPITAL LETTERS. In the cases of UN 2909, UN 2911, UN 2913 and UN 3326, where alternative proper shipping names are separated by the word "or", only the relevant proper shipping name shall be used.

^b The term 'fissile-excepted' refers only to material excepted under para. 417.

Slika 9: Popis radioaktivnih tereta s njihovim UN brojevima i ispravnim prijevoznim imenom (eng. Dangerous Goods list) [3]

⁴ IMDG Kodeks – Međunarodni pomorski kodeks opasnih tvari (eng. International Maritime Dangerous Goods Code)

3.1. MEĐUNARODNI POMORSKI KODEKS OPASNIH TVARI

Međunarodni pomorski kodeks opasnih tvari (IMDG) smatra se proširenjem odredbi poglavlja VII SOLAS⁵ konvencije. Također smatra se proširenjem Aneksa III MARPOL⁶ konvencije koji sadrži obvezujuće odredbe za sprječavanje onečišćenja štetnim tvarima koje se prevoze morem u pakiranom obliku.

IMDG Kodeks detaljno utvrđuje zahtjeve koji se primjenjuju na svaku pojedinačnu opasnu tvar, materijal ili predmet, pokrivajući pitanja kao što su pakiranje i označavanje, prijevoz i skladištenje, s posebnim osvrtom na odvajanje (separaciju) nekompatibilnih tvari. IMDG kodeks postaje obavezan pod okriljem SOLAS konvencije od 1. siječnja 2004.

Od svog uvođenja IMDG kodeks je prošao kroz mnoge promjene, kako u izgledu tako i u sadržaju da bi održao korak s potrebama industrije koje se stalno mijenjaju. Izmjene i dopune kodeksa rade se svake dvije godine, koje su uglavnom prijedlozi vlada članica izravno podnesene IMO-u⁷ te preporuke Ujedinjenih naroda o prijevozu opasnih tvari koje postavljaju osnovne zahtjeve za sve načine prijevoza.

IMDG kodeks primjenjuje se na prijevoz radioaktivnog tereta morem, na njegove operacije ukrcaja, skladištenja i iskrcaja te na proizvodnju, dizajn, održavanje i popravak pakiranja. Propisuje standarde o prihvatljivoj visini zračenja i sigurnosti za ljude, imovinu i okoliš od topline i ionizirajućeg zračenja tijekom prijevoza radioaktivnog materijala. U te standarde spadaju:

- *Zadržavanje radioaktivnog sadržaja u paketima (poglavlje 4)*
- *Kontroliranje vanjske brzine doze (poglavlje 5)*
- *Prevenција šteta nastalih toplinom (poglavlje 8)*

Navedeni standardi bazirani su na IAEA⁸ *Pravilniku o sigurnosnom prijevozu radioaktivnog materijala* iz 2018. [1]

Međunarodna agencija za atomsku energiju IAEA izdaje propise za siguran prijevoz radioaktivnog materijala bez obzira na način prijevoza (cestovni, brodski ili željeznički) objavljene 1961. Također pokriva nezgode u prijevozu kako bi zaštitili ljude, imovinu i okoliš od učinaka zračenja.

⁵ SOLAS – Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskog života na moru iz 1974. (eng. International Convention for the Safety of Life at Sea from 1974.)

⁶ MARPOL – Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova iz 1973./1978. (eng. International Convention for Prevention of Pollution from Ships 1973./1978.)

⁷ IMO – Međunarodna pomorska organizacija (eng. International Maritime Organization)

⁸ IAEA – Međunarodna agencija za atomsku energiju (eng. International Atomic Energy Agency)

IAEA izdaje izvješća o sigurnosti; izvješća o radiološkim nesrećama; priručnike za obuku i praktične priručnike te druge sigurnosne upute.

3.2. KARAKTERISTIKE SPECIFIČNOG RADIOAKTIVNOG TERETA

Prema IAEA iz 2018. [1], pojedini radioaktivni materijali imaju različite karakteristike. Najznačajniji od njih su materijali niske specifične aktivnosti LSA⁹, površinski kontaminirani predmeti SCO¹⁰ i fisijski materijali.

3.2.1. Materijal niske specifične aktivnosti

Materijali niske specifične aktivnosti (LSA) su radioaktivni materijali koji po svojoj prirodi imaju ograničenu aktivnost te za koje vrijede granice specifične aktivnosti. *Specifična aktivnost materijala* je radioaktivnost po jedinici mase materijala u kojoj su radionuklidi ravnomjerno raspoređeni i izražava se u Bq/g. Materijali niske specifične aktivnosti dijele se u 3 podvrste:

LSA-I

- rude koje sadrže prirodne radionuklide (npr. rude urana i torija)
- prirodni uran i torij ili njihove smjese, u krutom ili tekućem obliku

LSA-II

- vode s koncentracijom tricija (radioaktivni izotop vodika) do 0,8 TBq/litri
- ostali materijali čija specifična aktivnost ne prelazi 10^{-4} A₂/g za krutine i plinove i 10^{-5} A₂/g za tekućine

LSA-III

- krute tvari u kojima je radioaktivni materijal raspoređen (kao što su konsolidirani otpad), ili je raspoređen u čvrstom vezivom sredstvu (kao što je beton i keramika).
- prosječna specifična aktivnost ne smije prelaziti 2×10^{-3} A₂/g.

⁹ LSA – eng. Low specific activity material

¹⁰ SCO – eng. Surface contaminated object

3.2.2. Površinski kontaminirani predmet

Površinski kontaminirani predmet (SCO) je kruti predmet koji sam po sebi nije radioaktivan, ali ima radioaktivni materijal raspoređen na svojoj površini. Dijeli se na:

SCO-I je kruti predmet na kojem kontaminacija na nedostupnoj površini ne prelazi 40,000 Bq/cm² za beta i gama zračenja, ili 4000 Bq/cm² za alfa zračenja

SCO-II je kruti predmet s kontaminacijom većom SCO-I, na kojem kontaminacija na nedostupnoj površini ne prelazi 800,000 Bq/cm² za beta i gama zračenja, ili 80,000 Bq/cm² za alfa zračenja

SCO-III je teret koji se zbog svoje veličine ne može prevoziti u propisanim paketima (npr. dio nuklearnog reaktora) te za njega vrijedi da:

- svi otvori moraju biti zatvoreni da spriječe ispuštanje radioaktivnog materijala,
- unutrašnjost predmeta mora biti suha što je više moguće,
- slaganje tereta na teret nije dozvoljeno,
- kontaminacija na nedostupnoj površini ne prelazi 800,000 Bq/cm² za beta i gama zračenja, ili 80,000 Bq/cm² za alfa zračenja,
- prijevoz SCO-III podliježe multilateralnom odobrenju.

3.2.3. Fisijski materijal

Fisijski materijali su materijali sposobni proizvesti lančanu reakciju i osloboditi ogromne količine energije. Takve neželjene lančane reakcije su spriječene tijekom normalnih uvjeta prijevoza dizajnom paketa i rasporedom fisijskog materijala u njemu. Sadrže nuklide uranij-233, plutonij-239, plutonij-241 ili prirodni nuklid uranij-235. Koriste se kao gorivo nuklearnim reaktorima te za proizvodnju nuklearnog oružja i eksploziva.

Svaki teret koji sadrži fisijske materijale mora se slagati na udaljenosti od 6 m od drugih istovjetnih tereta.

Po pravilima INF Kodeksa¹¹, za prijevoz fisijskih materijala koristi se posebna dokumentacija. Brodovi koji prevoze fisijske materijale mogu isploviti samo uz dopuštenje neovisnih tijela za sigurnost nuklearnog prijevoza. Moraju udovoljavati odredbama INF kodeksa i biti posebno označeni. Također moraju posjedovati INF certifikat.

¹¹ INF Kodeks – Međunarodni kodeks za siguran prijevoz zapakiranog ozračenog nuklearnog goriva, plutonija i visokoradioaktivnog otpada na brodovima (eng. International Code for the Safe Carriage of Packaged Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-Level Radioactive Wastes on Board Ships)

3.2.4. Poseban dogovor

Poseban dogovor (eng. Special Arrangement) odnosi se na odobrenje nadležnog tijela da se radioaktivni teret koji ne zadovoljava propise IMDG Kodeksa može prevoziti samo unutar njegovih teritorijalnih voda. Kod internacionalnog prijevoza potrebno je multilateralno odobrenje.

Za radioaktivni materijal, koji se prevozi po posebnom dogovoru, potrebno je koristiti posebne mjere opreza, operativne kontrole ili postupke za hitne slučajeve koja su odredila nadležna tijela u svojim potvrdama o odobrenju i deklarirao pošiljatelj u svojim prijevoznim dokumentima.

Takav dogovor mora imati poseban zahtjev za odobrenje prijevoza koji sadržava informacije o radioaktivnom sadržaju, razdoblju prijevoza, planiranoj ruti kao i detaljne informacije o svim posebnim mjerama.

4. PAKIRANJE RADIOAKTIVNIH MATERIJALA

Radioaktivni materijal, kao i svaka drugi teret, svakodnevno se prevozi cestom, željeznicom, zrakom i morem. Kako bi se osiguralo da zračenje na površini paketa ne predstavlja opasnost za osobe, ostali teret i okoliš, takav materijal mora biti pakiran u određenu vrstu ambalaže. Nitko od sudionika u prijevozu se smije biti izložen prekomjernom zračenju i kontaminaciji.

Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) propisuje standarde po kojima pakiranje radioaktivnog materijala mora biti dizajnirano i ispitano.

Radioaktivnim paketom smatra se cjelokupni teret koji se sastoji od ambalaže i radioaktivnog sadržaja u njoj. Vrste tih paketa razlikuju se po njihovoj sigurnosti na jačinu zračenja i dijele se na:

- Izuzeti paket
- Industrijski paket
- paket Tipa A
- paket Tipa B
- paket Tipa C

Paketi koji sadrže fisijske materijale ili uranijev heksafluorid podliježu dodatnim zahtjevima.

Sva pakiranja moraju biti sposobna izdržati brodske vibracije u rutinskim uvjetima prijevoza bez ikakvog pogoršanja njihovih kvaliteta. Svi ventili kroz koje bi radioaktivni materijal mogao izaći moraju biti zaštićeni od neovlaštenog pristupa rada. Tijekom prijevoza, nefiksna kontaminacija na vanjskoj površini bilo kojeg paketa, koleta, prijevozne jedinice, cisterne, IBC-a ili prijevoznog sredstva ne smije prelaziti 4 Bq/cm^2 za beta i gama zračenja i 0.4 Bq/cm^2 za alfa zračenja. Prije svakog prijevoza treba provjeriti da se vrsta radionuklida te njihovo fizičko i kemijsko stanje ne razlikuju od onih navedenih u teretnici.

4.1. IZUZETI PAKETI

Izuzeti paketi (eng. excepted package) su svi paketi koji su izuzeti iz posebnih zahtjeva pakiranja, označavanja i otpremnice radioaktivnih materijala. Koriste se za prijevoz materijala s iznimno niskom razinom radioaktivnosti pa predstavljaju vrlo malu opasnost u slučaju da ispuste sadržaj. Brzina doze na vanjskoj površini izuzetog pakiranja ne smije prelaziti $5 \mu\text{Sv/h}$.

Da bi se utvrdilo da paket ne predstavlja opasnost i da bi se smatrao izuzetim od radioaktivnih zahtjeva, treba provjeriti dozvoljene granice radioaktivnosti navedene na slici 10. Tereti koji u Popisu opasnih tereta (slika 9.) spadaju u izuzete pakete radioaktivnog materijala su:

- UN 2908 – Prazna ambalaža koja je prethodno sadržavala radioaktivni materijal, pod uvjetom da je u prvobitnom stanju i sigurno zatvorena
- UN 2909 – Predmeti proizvedeni od prirodnog uranija i torija ili osiromašenog uranija
- UN 2910 – Paket s ograničenom količinom materijala čija radioaktivnost ne prelazi granice navedene u četvrtom stupcu slike 10
- UN 2911 – Instrumenti ili predmeti čija radioaktivnost ne prelazi granice navedene u drugom i trećem stupcu slike 10
- UN 3507 – Paket koji sadrži manje od 0,1 kg uranijevog heksafluorida i ne prelazi granice aktivnosti navedene u četvrtom stupcu slike 10

Physical state of contents	Instrument or article		Materials
	Item limits ^a	Package limits ^a	Package limits ^a
Solids			
<i>Special form</i>	$10^{-2}A_1$	A_1	$10^{-3}A_1$
Other forms	$10^{-2}A_2$	A_2	$10^{-3}A_2$
Liquids	$10^{-3}A_2$	$10^{-1}A_2$	$10^{-4}A_2$
Gases			
Tritium	$2 \times 10^{-2}A_2$	$2 \times 10^{-1}A_2$	$2 \times 10^{-2}A_2$
<i>Special form</i>	$10^{-3}A_1$	$10^{-2}A_1$	$10^{-3}A_1$
Other forms	$10^{-3}A_2$	$10^{-2}A_2$	$10^{-3}A_2$

Slika 10: Granice radioaktivnosti za izuzete pakete [3]

4.2 INDUSTRIJSKI PAKETI

Industrijski paketi (IP) koriste se za prijevoz materijala niske specifične aktivnosti (LSA) i površinski kontaminiranih predmeta (SCO).

Podijeljeni su u tri kategorije (IP-I, IP-II, IP-III) koje se razlikuju s obzirom na stupanj izdržljivosti rutinskih uvjeta prijevoza (IP-I zadovoljava samo opće zahtjeve za prijevoz radioaktivnih materijala, IP-II mora izdržati testove slobodnog pada i slaganja te IP-III mora izdržati dodatne testove prskanja vodom i probijanja).

Radioaktivni sadržaj	Vrsta industrijskog pakiranja za određeni materijal
LSA-I Krutine Tekućine	Tip IP-I Tip IP-II
LSA-II Krutine Tekućine i plinovi	Tip IP-II Tip IP-III
LSA-III	Tip IP-III
SCO-I	Tip IP-I
SCO-II	Tip IP-II

Tablica 1: Industrijska pakiranja za LSA materijale i SCO

Uobičajene prijevozne jedinice koje se koriste kao industrijska pakiranja su:

Normalna pakiranja (kao što su kutije i bačve) koriste se kao Tip IP-II ako zadovoljavaju generalne uvjete pakiranja radioaktivnog sadržaja te ako prođu testove za Tip IP-II.

Prijenosne cisterne koriste se kao Tip IP-II i Tip IP-III za prijevoz LSA-I i LSA-II ako zadovoljavaju generalne uvjete pakiranja radioaktivnog sadržaja. Moraju izdržati tlak od 265 kPa te statička i dinamička naprezanja nastala rukovanjem tereta. U rutinskim uvjetima prijevoza brzina doze se ne smije povećati više od 20%.

Hermetički zatvoreni kontejneri su 20-stopni kontejneri koji se koriste kao Tip IP-II i Tip IP-III pod uvjetom da se radi o krutom radioaktivnom materijalu. Ovakvi kontejneri mogu biti u dvije izvedbe; s jednim vratima s dvostrukom brtvom (lijeva slika) ili s uklonjivim krovom koji je pričvršćen pomoću vijčanog zatvarača (desna slika).



Slika 11: Hermetički zatvoreni kontejneri [13]

Moraju zadovoljavati generalne uvjete pakiranja kako bi spriječili gubitak radioaktivnog sadržaja. U rutinskim uvjetima prijevoza brzina doze se ne smije povećati više od 20%.

Metalni IBC-i su spremnici od nehrđajućeg čelika s unutarnjom betonskom zaštitom. Sadrže filtrirani ventilacijski otvor u poklopcu koji omogućuje ispuštanje plina dok sprječava ispuštanje čestica materijala. Prilikom prijevoza ventilacijski otvor može se zabrtviti.



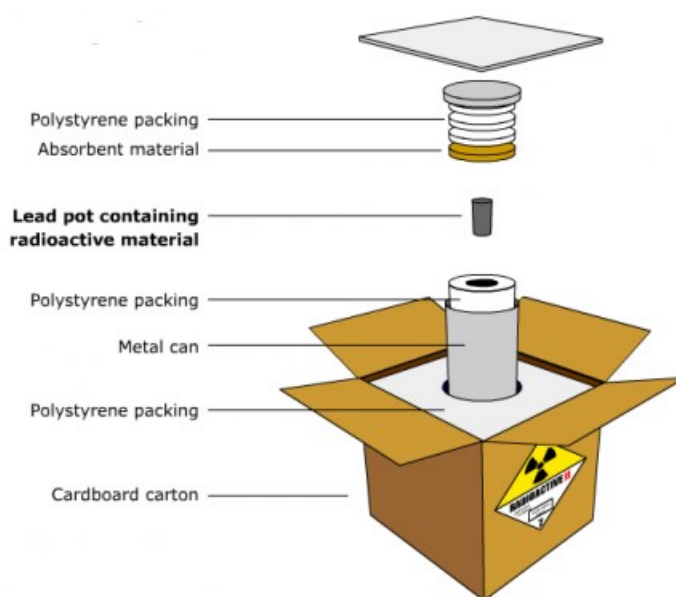
Slika 12: Metalni IBC-i [13]

Metalni IBC-i mogu se koristiti kao Tip-II i Tip-III ako zadovoljavaju generalne uvjete radioaktivnog sadržaja. Moraju izdržati statička i dinamička naprezanja nastala rukovanjem tereta u rutinskim uvjetima prijevoza te moraju spriječiti povećanje brzine doze veće od 20%.

4.3. PAKETI TIP A

Paketi Tipa A su namijenjeni zadržavanju i zaštiti radioaktivnog sadržaja čija je radioaktivnost unutar granica drugog stupca slike 8 (A₂). Izrađeni su od čelika te imaju dvije barijere. **Primarna barijera** je unutarnja metalna posuda koja sadrži radioaktivni materijal te je sigurnosno zatvorena i ne može se otvoriti nenamjerno ili pod tlakom unutar paketa. **Sekundarna barijera** je polietilenski ili gumeni materijal koji osigurava da ne dođe do izljeva radioaktivnog sadržaja ukoliko prva barijera popuca ili procuri.

Paketi Tipa A moraju izdržati umjerene stupnjeve topline, hladnoće, sniženi tlak zraka, vibracije, udarce, testove pada, prodiranja i slaganja te raspršivanje vode u slučaju požara.



Slika 13: Primjer slaganja paketa Tipa A u kartonsku kutiju [14]

U normalnim uvjetima prijevoza, uključujući i grubo rukovanje, paket Tipa A zadržat će i zaštititi svoj radioaktivni sadržaj. Ukoliko bi došlo do nesreće podrazumijeva se da će pakiranje biti probijeno i da će dio sadržaja izaći. Posljedice izljeva materijala nisu značajne jer je količina radioaktivnog sadržaja u ovom paketu ograničena.

Vanjski dio paketa sadrži plombu koja služi kao dokaz da paket nije otvaran. Svi ventili, osim ventila za smanjenje tlaka, moraju biti u mogućnosti zatvoriti se u slučaju curenja iz ventila.

Paketi Tipa A podvrgnuti su testovima slobodnog pada s visine od 9 metara i penetracije šipkom koja okomito pada sa 1.7 metar na paket kako bi izazvala maksimalnu štetu te moraju (na tim testovima) spriječiti gubitak i disperziju radioaktivnog sadržaja i povećanje brzine doze za 20%.

Kod pakiranja tekućine u pakete Tipa A mora se uzeti u obzir visina praznog prostora (eng. ullage¹²) zbog promjena temperature, volumena i dinamičkih efekata. Zagrijani materijali bi mogli ekspandirati i stvarati pritisak pa im je potrebniji veći volumen pakiranja.

Ovakvi paketi imaju dovoljno upijajućeg materijala da mogu upiti dvostruki volumen tekućeg sadržaja u paketu kako bi spriječili izljev.

Poseban oblik radioaktivnog materijala

Uz radioaktivne materijale postoje još i posebni oblici radioaktivnog materijala: neraspršivi radioaktivni materijal i radioaktivni materijal smješten u zapečaćenoj kapsuli koja se jedino može otvoriti razbijanjem. Njihova radioaktivnost ne smije prelaziti granice prvog stupca slike 8 (A₁). Posebnim oblicima radioaktivnog materijala nije potrebna primarna barijera spremnika. Zahtijevaju unilateralno odobrenje nadležnih tijela.



Slika 14: Primjer spremnika koji se koristi prijevoz paketa Tipa A - metalna kutija koja se može zaključati lokotom i služi za višekratnu upotrebu [14]

¹² Ullage – visina praznog prostora između vrha tanka i razine tekućine unutar tanka

4.4. PAKETI TIP A B

Paketi Tipa B namijenjeni su za prijevoz velikih količina radioaktivnih materijala koji prelaze granice radioaktivnosti prvog i drugog stupca slike 8. Također se koriste za prijevoz nuklearnog goriva i nuklearnog otpada.

Dizajnirani su tako da mogu izdržati oslobađanje zračenja ili radioaktivnog materijala uslijed ozbiljnih nesreća, bez narušavanja njegovog sadržaja ili povećanja brzine doze više od 20%. Podijeljeni su na:

- B(U) – paketi Tipa B za koje je potrebno *unilateralno odobrenje*¹³
- B(M) – paketi Tipa B koji sadrže radioaktivni materijal čija je aktivnost 1000 TBq ili 3000 puta veća od dozvoljenih granica A₁ i A₂. Za njih je potrebno *multilateralno odobrenje*¹⁴.

Paketi Tipa B moraju biti podvrgnuti testovima otpornosti na vatru, uranjanja u vodu i pada na tvrdnu površinu s visine od devet metara. Nakon što su ovi testovi provedeni, paketi moraju zadržati svoj integritet da bi bili odobreni za uporabu.



Slika 15: Paket Tipa B(U) [15]

¹³ Unilateralno odobrenje - odobrenje nadležnih tijela država u kojima se paket ukrcava i iskrcava

¹⁴ Multilateralno odobrenje - odobrenje nadležnih tijela država u kojima se paket ukrcava, iskrcava te kroz čije vode prolazi

4.5. PAKETI TIP A C

Paketi Tipa C koriste se u prijevozu visokoradioaktivnog materijala zračnim putem. Moraju zadovoljiti sve dodatne zahtjeve paketa Tipa A i Tipa B. Paketi Tipa C podvrgavaju se nizu testova kako bi se dokazala njihova sposobnost da izdrže nezgode u prijevozu.

Temperatura radioaktivnog paketa koji se prevoze zrakom ne smije prijeći 50°C. Radioaktivni teret ne smije izgubiti svoj integritet na temperaturama od -40°C do 55°C. Mora izdržati tlak koji je veći od 95 kPa.

Iako su paketi Tipa C dizajnirani za prijevoz zrakom, mogu se također koristiti i za prijevoz morskim putem.



Slika 16: Ukrcaj paketa Tipa C [15]

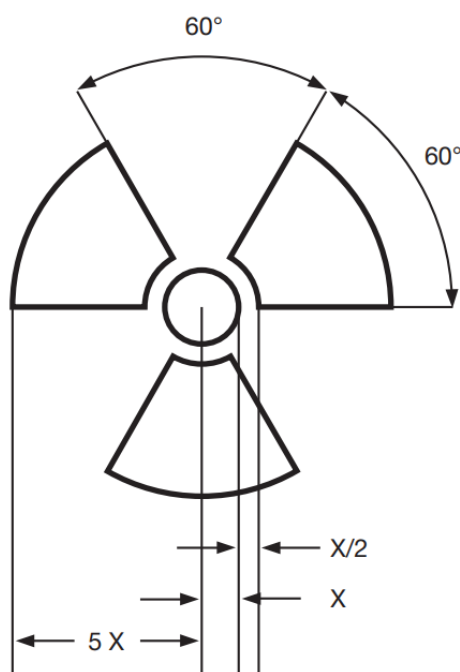
5. OZNAČAVANJE RADIOAKTIVNIH TERETA

5.1. OZNAČAVANJE

Svi radioaktivni tereti moraju biti označeni UN brojem¹⁵ i ispravnim prijevoznim imenom PSN¹⁶. Te oznake moraju biti lako vidljive, čitljive, prepoznatljive i otporne na vodu.

S vanjske strane pakiranja moraju biti označena oznakom pošiljatelja i primatelja. Također treba postojati oznaka o dopuštenoj bruto masi tereta ukoliko ona prelazi 50 kg.

Svako pakiranje Tipa B(U), B(M) i C mora biti označeno simbolom trolista utisnutim na vanjskoj strani pakiranja koja je otporna na vatru i vodu.



Slika 17: Simbol trolista s proporcijama temeljenih na središnjem krugu polumjera X [3]

5.2. NALJEPNICE

Svaki paket, koletu ili prijevozna jedinica koji sadrži radioaktivne materijale mora imati naljepnice u skladu s njegovom kategorijom.

Ovisno o maksimalnoj brzini doze zračenja na vanjskoj površini i transportnom indeksu, radioaktivni paketi svrstavaju se u tri kategorije.

¹⁵ UN broj (eng. United Nations number) - četveroznamenasti identifikacijski broj koji se dodjeljuje svim opasnim teretima

¹⁶ PSN - Ispravno prijevozno ime (eng. Proper Shipping Name) se koristi za opis opasnog tereta u svim prijevoznim dokumentima, obavijestima i na pakiranjima. Prikazano je velikim slovima odmah pokraj UN broja.

Transportni indeks TI je bezdimenzionalni broj kojim se označuje brzina doze na udaljenosti jednog metra od vanjske površine paketa, pomnožena sa 100.

$$TI = \text{Brzina doze na } 1 \text{ m} \times 100$$

Za svaki jedinični teret uzima se zbroj TI-a svih paketa koji se u njemu nalaze. Paketi i koleta ne smiju imati transportni indeks veći od 10, a ukupan zbroj transportnih indeksa u teretnom prostoru ne smije prelaziti 50.

TI (brzina doze na udaljenosti od 1 m x 100)	Maksimalna brzina doze na površini (mSv/h)	Kategorija
0	< 0.005	 I-Bijelo
0 – 1	0.005 – 0.5	 II-Žuto
1 – 10	0.5 – 2	 III-Žuto

Tablica 2: Kategorizacija radioaktivnih tereta

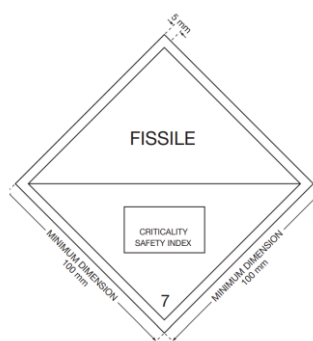
Radioaktivni teret koji spada u poseban dogovor kategorizira se u III-Žuto. Terete koji imaju dodatna opasna svojstva treba dodatno i propisno klasificirati te označiti prema najvećem radioaktivnom riziku.

Naljepnice se postavljaju na dvije nasuprotne strane kod paketa, koleta i IBC-a, tj. na sve četiri strane kod kontejnera i cisterni. Moraju biti smještene blizu PSN-a.

Svaka naljepnica mora davati informacije o **sadržaju** (radionuklida unutar paketa), **radioaktivnosti** (maksimalna aktivnost tijekom prijevoza izražena u TBq ili GBq) i **TI-u** (osim za kategoriju I-Bijelo).

Ukoliko kontejner ili koletu sadrži mješoviti teret, na naljepnicu je potrebno upisati **„See transport documents“**.

Paketi koji sadrže fisijske materijale moraju biti dodatno označeni FISSILE etiketom nadopunjenom s *indeksom kritične sigurnosti CSI*¹⁷.



Slika 18: Naljepnica za fisijske terete [3]

Plakati su uvećane naljepnice koje se koriste za prijevozne jedinice (kontejnere, cisterne), a služe kako bi upozorili na opasni sadržaj u njemu. Prijevozna jedinica mora imati plakate sa svih strana. Kontejneri i cisterne koje sadrže radioaktivni teret moraju biti označeni s četiri plakata.



Slika 19: Plakat radioaktivnog materijala [3]

¹⁷ CSI (eng. Criticality Safety Index) - broj koji se koristi za provjeru prekoračenja zračenja u paketima, koletima ili kontejnerima koji sadrže fisijske materijale

6. PRIJEVOZ I DOKUMENTACIJA RADIOAKTIVNIH TERETA U POMORSKOM PROMETU

IMDG kodeks i SOLAS konvencija propisuju da svaki prijevoz opasnih tj. radioaktivnog tereta bez potrebne dokumentacije, specijalizirane opreme i obuke strogo je kažnjiv te se takvom brodu ne dopušta ulazak u teritorijalne vode.

Opasne tvari smiju se prevoziti brodom samo uz ***Svjedodžbu o sposobnosti broda za prijevoz opasnih tvari*** izdanu od nadležne organizacije ili od ovlaštenog tijela države zastave broda za sve brodove pod stranom zastavom. Umjesto te Svjedodžbe moguće je i posjedovanje odgovarajuće ***Potvrde za prijevoz opasnih tvari*** (Prilog 1) koje udovoljavanju odredbama IMDG kodeksa.

Pošiljatelj koji predaje radioaktivne materijale na prijevoz dužan je za svaki teret ispostaviti prijevozniku ***Odobrenje za prijevoz radioaktivnih materijala*** koje je izdalo nadležno tijelo. Ministarstvo zdravstva izdaje posebnu Potvrdu za poslove zaštite od ionizirajućih zračenja.

Nadležna tijela moraju osigurati poštivanje odredbi IAEA konvencije o fizičkoj zaštiti radioaktivnog tereta u vezi s prijevozom u njihovim teritorijalnim vodama, kao i međunarodnim prijevozom brodovima koji plove pod njihovom zastavom. Moraju imati pristup informacijama o ruti i položaju brodova kada u svojim vodama prevoze radioaktivni teret.

Potrebno je obavijestiti nadležna tijela države iz koje radioaktivni teret dolazi, kroz koju putuje te u koju državu ulazi o prijevozu paketa Tipa B(U), B(M) i C te prijevozu tereta posebnog dogovora. Nadležna tijela tih država moraju biti obaviještena najmanje 7 dana prije početka prijevoza. Obavijest pošiljatelja/krcatelja uključuje:

- informacije o identifikaciji paketa, brojeve certifikata i identifikacijske oznake,
- ETA i predloženu rutu,
- nazive i opis radioaktivnih materijala,
- maksimalnu aktivnost radioaktivnog sadržaja tijekom prijevoza, izraženu u jedinicama bekerela, za fisijski materijal njegovu masu u jedinicama u gramima.

Potvrde nadležnih tijela potrebne su za ***Odobrenje prijevoza*** posebnog oblika radioaktivnog materijala (A₁), paketa Tipa B(U), B(M) i C te prijevoza tereta posebnog dogovora. Kod paketa za koje nije potrebna potvrda nadležnih tijela (izuzeti, industrijski, paket Tipa A), može se po potrebi provesti inspekcija o njihovoj usklađenosti sa svim primjenjivim odredbama.

Prema Pravilniku IAEA radioaktivni teret se ne smije prevoziti ako nije propisno označen, etiketiran, i ovjeren na prijevoznom dokumentu. U prijevoznim dokumentima uz svaki teret treba biti navedena identifikacija pošiljatelja i primatelja uz njihova imena i adrese. Ukoliko je radioaktivni teret eksplozivan, zapaljiv, otrovan, korozivan i sl.:

- paketi moraju biti označeni oznakama potklase koje odgovaraju svakoj dodatnoj opasnosti; odgovarajuće naljepnice moraju biti pričvršćene na teretne prijevozne jedinice,
- u svrhu dokumentacije i označavanja paketa, PSN će biti dopunjen nazivima sastojaka koji najviše doprinose potklasi i koji će biti zatvoreni u zgradama,
- u dokumentu o prijevozu opasnih tvari mora biti navedena klasa dodatne opasnosti.

Za pakete u koletu, kontejneru ili prijevoznom sredstvu mora biti uključena ***Izjava o sadržaju*** svakog paketa unutar koleta, kontejnera ili prijevoznog sredstva. Pošiljatelj mora imati kopiju svih uputa vezanih za rukovanje i prijevoz radioaktivnih tereta.

Prije ulaska broda u luku, stručno osposobljena osoba mora obaviti pregled broda te, ako nema nedopuštenog zračenja i ako koletu nije nepropisno smješteno, izdaje dozvolu ulaska u luku.

Rukovanje radioaktivnim tvarima mogu obavljati samo osobe koje su za to osposobljene i samo na mjestima koja su isključivo za to određena. Također moraju biti upućeni u mjere koje treba poduzeti u slučaju nesreće.

Radioaktivne tvari moraju se ukrcati u brod, odnosno iskrcati iz broda čim stignu na mjesto ukrcaja, odnosno iskrcaja. Nakon završetka ukrcaja/iskrcaja, brodska skladišta se moraju propisno očistiti i mora se provjeriti da li postoji eventualno zračenje.

Ukoliko za vrijeme rukovanja radioaktivnim tvarima dođe do oštećenja ili izljeva tih tvari, mjesto rukovanja mora se odmah potpuno izolirati. To se radi ograđivanjem, obustavljanjem daljnjeg rukovanja i zabranom pristupa nestručnim osobama. Članovi posade koji su rukovali radioaktivnim tvarima moraju se odmah podvrgnuti zdravstvenoj kontroli. U tom slučaju brod, sredstva rada i mjesto rukovanja moraju se podvrgnuti dekontaminaciji, a samo stručno osposobljene osobe određuju mjere za otklanjanje opasnosti (Ministarstvo zdravstva). Ovlaštenik koncesije, dužan je o tome obavijestiti kapetaniju, lučku Upravu, Ministarstvo zdravstva, Ministarstvo unutarnjih poslova i vlasnik tereta.

Deklaracija o opasnim ili onečišćujućim tvarima

Prije uplovljenja broda u luku koji prevozi radioaktivne terete, lučkoj upravi se podnosi pisana ***Deklaracija o opasnim ili onečišćujućim tvarima*** (eng. Declaration of dangerous or polluting goods). Sadrži sljedeće podatke:

A. Podaci o brodu:

- brodski identifikacijski podaci (ime, pozivni znak, IMO broj, MMSI broj);
- nosivost, gaz, i duljina broda
- luku odredišta
- procijenjeno vrijeme dolaska u luku odredišta te procijenjeno vrijeme odlaska
- ukupan broj osoba na brodu
- potvrda o financijskom osiguranju u slučaju onečišćenja
- potvrda o sposobnosti broda za krcanje opasnih tvari u upakiranom ili rasutom stanju

B. Podaci o vozilu koji doprema radioaktivni teret do luke:

- vrsta i oznaka vozila
- predviđeno vrijeme dolaska vozila u luku
- potvrda o postojanju liste ili manifesta ili odgovarajućeg plana ukrcaja s detaljima o opasnim tvarima te o njihovoj lokaciji na brodu

C. Podaci o teretu:

- UN broj i PSN, klasa tereta, količina i pozicija tereta na brodu te identifikacijski broj prijevozne jedinice ukoliko se u njima prevozi
- potvrda o postojanju liste ili manifesta ili odgovarajućeg plana ukrcaja s detaljima o opasnim tvarima te o njihovoj lokaciji na brodu

D. Podaci o radioaktivnim tvarima:

- vrsta i stanje radioaktivne tvari (fizičko i kemijsko)
- radioaktivnost u bekerelima (Bq)
- kategorizacija (bijela ili žuta naljepnica I, II, III)
- stupanj zračenja ako se radi o kategoriji žute boje
- grupa radioaktivnosti

Deklaracija mora sadržavati Izjavu da su podatci navedeni u njoj istiniti, da su tvari pravilno opisane odgovarajućim prijevoznim nazivom, klasificirane, upakirane i obilježene te da su u svakom pogledu pogodne za prijevoz u skladu s primjenjivim međunarodnim i nacionalnim propisima. Obrazac Deklaracije sa sadržajem na hrvatskom i engleskom jeziku je prikazan u Prilogu 2.

Za brod koji plovi u hrvatske luke ili na sidrišta, Deklaracija se podnosi najkasnije po isplovljenju broda iz luke ukrcaja ili odmah po saznanju luke odredišta, odnosno ne kasnije od 48 sati prije uplovljenja broda u luku.

Brodovi koji prevoze opasne tvari moraju prilikom uplovljenja ili isplovljenja iz hrvatskih luka dostaviti podatke iz Deklaracije Dio A. i Dio C. lučkoj kapetaniji. [2]

7. SLAGANJE RADIOAKTIVNIH TERETA NA BRODOVIMA

IMDG kodeks poglavlje 7.1.4.5. navodi pravila o slaganju radioaktivnog tereta na pojedinim vrstama brodova koji mogu vršiti njihov prijevoz. [3]

Lučki prekrcajni terminali moraju biti posebno za to opremljeni. Moraju imati odvojeni dio luke za prihvat i otpremu radioaktivnog tereta s odgovarajućim sredstvima za manipulaciju, odgovarajućom infrastrukturom i suprastrukturom, kao i proširene kapacitete u skladu sa zaštitom zdravlja ljudi, imovine i okoliša.

Radioaktivni tereti zahtijevaju dodatni nadzor prilikom prekrcaja i prijevoza, te se moraju uzeti u obzir dodatni zahtjevi prilikom izrade inicijalnog plana krcanja i slaganja.

Radioaktivni paketi i koleta slažu se među pakiranim generalnim teretom bez posebnih propisa skladištenja pod uvjetom da teret koji ga okružuje nije pakiran u vrećama te nema mogućnosti razvijanja toplih površina.

Ukupna radioaktivnost u pojedinom skladištu ili odjeljku broda, kao i u prijevoznom sredstvu (npr. kontejner, cisterna) za prijevoz LSA materijala ili SCO nezapakiranih ili u industrijskim paketima IP-I, IP-II i IP-III ne smije prijeći granice iz tablice 3. Eventualno SCO-III može prekoračiti tu granicu ukoliko plan prijevoza sadrži mjere opreza za očuvanje razine sigurnosti.

Pojedini radioaktivni materijali	Ukupna radioaktivnost u pojedinom skladištu, odjeljku broda ili u prijevoznom sredstvu
LSA-I	Bez ograničenja
LSA-II i LSA-III, nezapaljive krutine	Bez ograničenja
LSA-II i LSA-III, zapaljive krutine te sve tekućine i plinovi	100 A ₂
SCO	100 A ₂

Tablica 3: Ukupna radioaktivnost za prijevoz LSA materijala i SCO

Prilikom ukrcanja i slaganja paketa, koleta i kontejnera brzina doze pod rutinskim uvjetima prijevoza ne smije prelaziti 2 mSv/h na površini niti 0,1 mSv/h na udaljenosti od 2 metra od površine.

Paketi, koleta i kontejneri koji sadrže radioaktivni materijal, kao i rasuti radioaktivni materijal moraju biti odvojeni od ostalog tereta i posade prilikom prijevoza i skladištenja.

Na slici 20 prikazane su obavezne minimalne udaljenosti radioaktivnih tereta od prehrambenih namirnica, posade, njihovih kabina i zajedničkih prostorija po pojedinoj vrsti broda.

Table 7.1.4.5.18 – CLASS 7 – Radioactive material
Segregation table for persons

Sum of transport indices (TI)	Segregation distance of radioactive material from passengers and crew			
	General cargo ship ¹		Ferry, etc. ²	Offshore support vessel ³
	Break bulk (m)	Containers (TEUs) ⁴		
Up to 10	6	1	Stow at bow or stern furthest from living quarters and regularly occupied work areas	Stow at stern or at platform midpoint
More than 10 but not more than 20	8	1	as above	as above
More than 20 but not more than 50	13	2	as above	not applicable
More than 50 but not more than 100	18	3	as above	not applicable
More than 100 but not more than 200	26	4	as above	not applicable
More than 200 but not more than 400	36	6	as above	not applicable

¹ General cargo, break bulk or ro-ro containership of 150 m minimum length.
² Ferry or cross channel, coastal and inter-island ship of 100 m minimum length.
³ Offshore support vessel of 50 m minimum length (in this case the practical maximum sum of TIs carried is 20).
⁴ TEU means "20 ft Equivalent Unit" (this is equivalent to a standard freight container of 6 m nominal length).

Slika 20: Segregacija radioaktivnog tereta od ljudi po pojedinoj vrsti broda [3]

Svako premještanje tereta i opreme koja se redovito koristi kod prijevoza radioaktivnog materijala mora se povremeno provjeravati kako bi se utvrdila razina kontaminacije. U slučaju bilo kakvog prekoračenja granica kontaminacije, pozicija s koje se teret premještao kao i korištena oprema mora se dekontaminirati što je prije moguće te se ne smije ponovno koristiti dok se kontaminacija ne spusti ispod granica (4 Bq) te dok brzina doze na površini ne prelazi 5 μ Sv/h.

Prijenosne cisterne koje se koriste za prijevoz radioaktivnog materijala ne smiju se koristiti za prijevoz ostalih tereta. Stupanj punjenja ne smije premašiti 90%, a tlak mora biti minimalno 2.65 bara. Tijekom prijevoza temperatura na vanjskoj površini ne smije prijeći 70°C.

¹⁸ Cisterne su bazirane i osmišljene prema „United Nations Recommendations on Transport of Dangerous Goods“

7.1. RADIOAKTIVNI TERET NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ KONTEJNERA

IMDG kodeks kao i SOLAS konvencija propisuju posebna pravila za prijevoz opasnih tj. radioaktivnih tereta u kontejnerima.

Za prijevoz radioaktivnog tereta obično se koriste 20 stopni ISO prijevozni kontejneri s unutarnjom zapreminom od najmanje 1 m³.

U praksi se krcaju što je moguće dalje od nadgrađa broda, na pramcu tj. na BAY 01. Oplata kontejnera mora:

- sprječavati istjecanje radioaktivne tvari tijekom prijevoza,
- biti trajne kvalitete i dovoljno otporna za ponovnu uporabu,
- posebno izgrađena da bi olakšala prijevoz jednim ili više prijevoznih sredstava bez prekrcaja tereta (multimodalni transport),
- opremljena uređajima koji olakšavaju smještanje i rukovanje naročito pri promjeni prijevoznog sredstva [4].

ISO kontejneri dizajnirani su i certificirani za prijevoz niza opasnih tereta. Smanjuju troškove otpreme i rukovanja jer omogućuju pakiranje manjih količina radioaktivnog tereta. Mogu se lako prevoziti kamionom do željeznice, od željeznice do palube broda, a u nekim slučajevima, i zrakom. Budući da su većinom kontejneri iste veličine, s mehanički stabilnim okvirima i zajedničkim spojevima, dizalice i ostali uređaji za njihovo rukovanje mogu ih brzo i sigurno premjestiti iz vozila u brod bez velike opasnosti za sigurnost lučkih radnika i posade. [5]



Slika 22: Kontejner za prijevoz radioaktivnog tereta [6]

Postoje strogi zahtjevi za kontrolu bilo kakve radioaktivne kontaminacije unutarnje i vanjske površine kontejnera.

Ponekad pošiljatelj/proizvođač podnosi zahtjev za pomorsku rezervaciju brodskog prostora za prijevoz radioaktivnog tereta u kontejneru. Nakon što je zahtjev za rezervaciju prihvaćen, može biti siguran da će teret prevesti što je brže moguće. [6]

RADIOACTIVE CARGO MARITIME CARRIAGE REQUEST					
Product Description: Uranium Oxide Concentrate Class 7 Radioactive Material, Low Specific Activity LSA-I Category III Yellow					
1. First Vessel Name:	Bremen Express	6. Second Vessel Name:	Hamburg Express	11. Third Vessel Name:	
2. Voyage No.	01	7. Voyage No.	02	12. Voyage No.	
3. Flag	Antigua & Barbuda	8. Flag	Germany	13. Flag	
4. First Port and Country of Loading:	Port Adelaide, AUSTRALIA	9. Second Port and Country of Loading:	Seattle, UNITED STATES	14. Third Port and Country of Loading:	
5. First Port and Country of Discharge:	Seattle, UNITED STATES	10. Second Port and Country of Discharge:	Hamburg, GERMANY	15. Third Port and Country of Discharge:	
16. Shipper: (full name and address)		Acme Mining Company Roadrunner Road Adelaide SA 5000 AUSTRALIA A.B.N 99 123 456 789			
17. Consignee: (full name and address)		COMURHEX USINE de MALVESI BP223 ITI03 Narbonne FRANCE			
18. Full Technical Name:		Radioactive Material, Low Specific Activity LSA-I			
19. Intended Use:	Power Generation	20. Transport License No.:	TN123		
21. Export License No.	MEP/302/UOC/999A	22. Country of Origin:	AUSTRALIA		
23. Import License No.	EURATOM Approval	24. Country of Destination:	FRANCE		
25. Packaging Identification:	48 by IP-1 steel drums securely stowed (to AMSA standards) in each 20' ISO shipping container				
26. Authority Packaging	AMSA Approved	27. Date of expiry of packaging certificate	N/A		
28. Number and Type of packages	192 drums securely stowed in 4 by 20' ISO shipping containers				
29. Category of package	III-YELLOW	30. Cargo Gross (Kg)	85,241	31. Cargo Net (kg)	75,641
32. UN No.	2912	33. IMDG Code-Class:	Class 7	34. IAEA Schedule:	5 LSA-I
35. Proper Shipping Name:	Radioactive Material, Low Specific Activity (LSA-I) Non-Fissile-excepted.				
36. Name of Radionuclide:	Natural Uranium (LSA) Low Specific Activity, (less than 1% U235)				
37. Weight of Radionuclide (Kg):	71,146.904	38. Physical Form:	Dry Powder	39. Enrichment (%)	Nil
40. Maximum Activity in Becquerel during Transport:	440 GBq per ISO	41. Transport Index:	6 per ISO		
42. Radiation at Surface (mSv/h):	0.06 (mSv/h) per ISO	43. Radiation at 1M (in QSv/h):	0.02 (mSv/h) per ISO		
44. Fissile status:	Non-Fissile	45. Radioactive Material in finished form:	NO		
46. IMDG Code 5.4.1.5.7.2: The transport document shall include a statement regarding actions, if any, that are required to be taken by the carrier. The statement shall be in the languages deemed necessary by the carrier or the authorities concerned, and shall include at least the following points:					
1 - supplementary requirement for the loading, stowage, transport, handling and unloading of the package, over-pack or freight container including any special stowage provisions for the safe dissipation of heat (see 7.1.4.5.2), or a statement that no such requirements are necessary.					NO
2 - restrictions on the mode of transport or conveyance and any necessary routing instructions;					NO
3 - emergency arrangements appropriate to the consignment.					YES
Note: The above data will be used to obtain port entry permits from foreign controlling authorities therefore the shipper is responsible for the accuracy of the information contained herein.					
47. Completed by the shipper Wylie Kyotee Acme Mining Company Roadrunner Road Adelaide SA 5000 AUSTRALIA				Monday, 31 December 2018 Delivery: 12345	

Slika 23: Primjer Zahtjeva za pomorsku rezervaciju radioaktivnog tereta [6]

7.2. RADIOAKTIVNI TERETI NA RO-RO BRODOVIMA

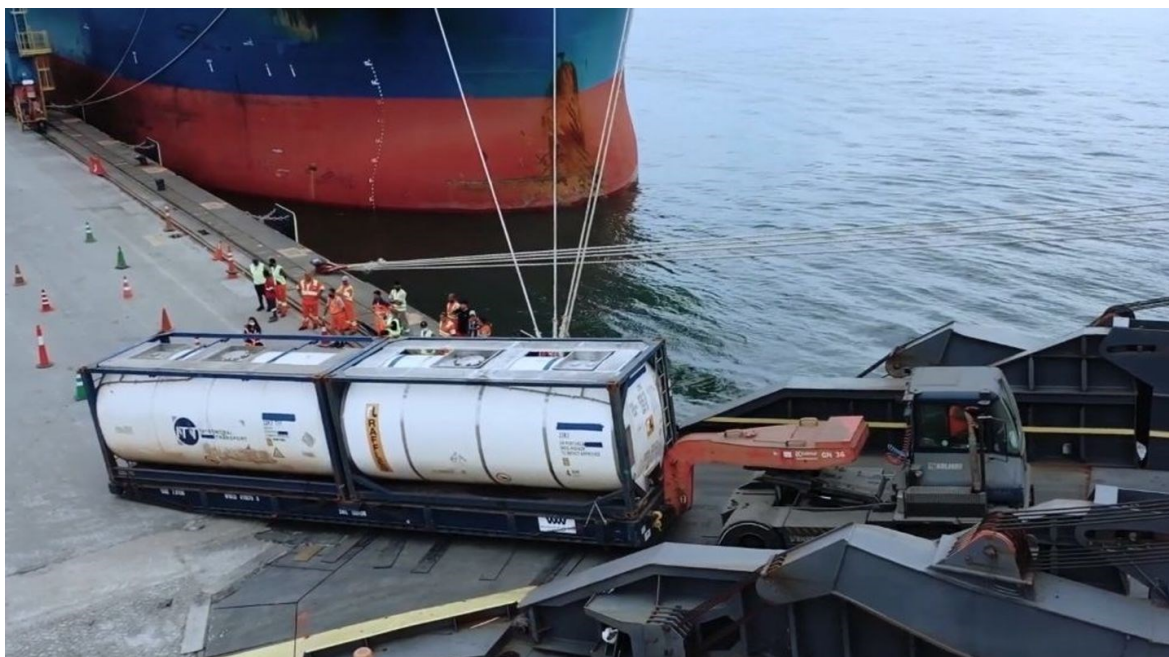
Općenito, propisi IMDG kodeksa vrijede i za RO-RO brodove. To se posebno odnosi na označavanje prijevoza, skladištenje i segregaciju od ostalih tereta.

Učestalost prijevoza radioaktivnih tereta na RO-RO brodovima je vrlo mala i iznosi 0,05%. Brodarske tvrtke mogu po vlastitom nahođenju odlučiti hoće li primiti na ukrcaj radioaktivni teret. [7]

Svaki radioaktivni teret na određenom vozilu mora za svaku prijevoznu jedinicu imati potvrdu o pakiranju CTU¹⁹. Cestovna vozila koja prevoze radioaktivni teret moraju biti označena na bočnim stijenkama te na stražnjoj.

Teret se može skladištiti na otvorenoj palubi te u brodskom RO-RO otvorenom ili zatvorenom skladištu .

U vozilu koje prevoze radioaktivne pakete, koletu, kontejner ili cisternu kategorije II-Žuta ili III-Žuta, smije biti prisutan samo vozač i pomoćni radnik.



Slika 24: Ukrcaj prijenosne cisterne na RO-RO brod [7]

¹⁹ CTU – Kodeks postupanja za pakiranje prijevoznih jedinica za teret (eng. Cargo Transport Units). Objavljen je od IMO/ILO/UNECE.

7.3. RADIOAKTIVNI TERET NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ RASUTIH TERETA

Uz IMDG kodeks i SOLAS konvenciju, prijevoz rasutih radioaktivnih tereta regulira se odredbama IMSBC Kodeksa²⁰ [8].

Radioaktivni tereti koji se mogu prevoziti na brodovima za prijevoz rasutih tereta su LSA-I materijal i SCO-I, *nefisijski ili izuzeti fisijski* (UN 2912 i UN 2913). Oni sadrže nisku opasnost od radiotoksičnosti. Srećom ti su tereti nezapaljivi ili imaju mali rizik od nastanka požara.

Kod ukrcaja treba paziti da radioaktivni teret bude odvojen od prehrambenih namirnica nepropusnom pregradom otpornom na vatru i vodu. Treba brinuti da teret bude čim više suh. Njime se ne smije rukovati za vrijeme padalina. Tijekom rukovanja teretom sva neradna grotla moraju biti zatvorena. Skladište u kojem se prevozi radioaktivni teret ne smije se ventilirati tijekom putovanja. Posada broda ne smije ući u teretni prostor u bilo kojoj fazi prijevoza.

Nakon iskrcaja radioaktivnog tereta skladišta se moraju dekontaminirati prije ukrcaja drugog tereta. Drugi teret može se krcati u to skladište ako kontaminacija na bilo kojoj površini od 300 cm² ne prelazi 4 Bq/cm² u slučaju beta i gama zračenja, prirodnog urana i torija, urana-235, urana-238, torija-232, torija-228 i torij-230 kada su sadržani u rudama te 0,4 Bq/cm² za alfa zračenja. Potvrdu o dekontaminaciji mora izdati kvalificirana osoba. Takva će potvrda biti potrebna kao dokaz za prijevoz sljedeće pošiljke tereta.

7.4. RADIOAKTIVNI TERET NA NAMJENSKI GRAĐENIM BRODOVIMA

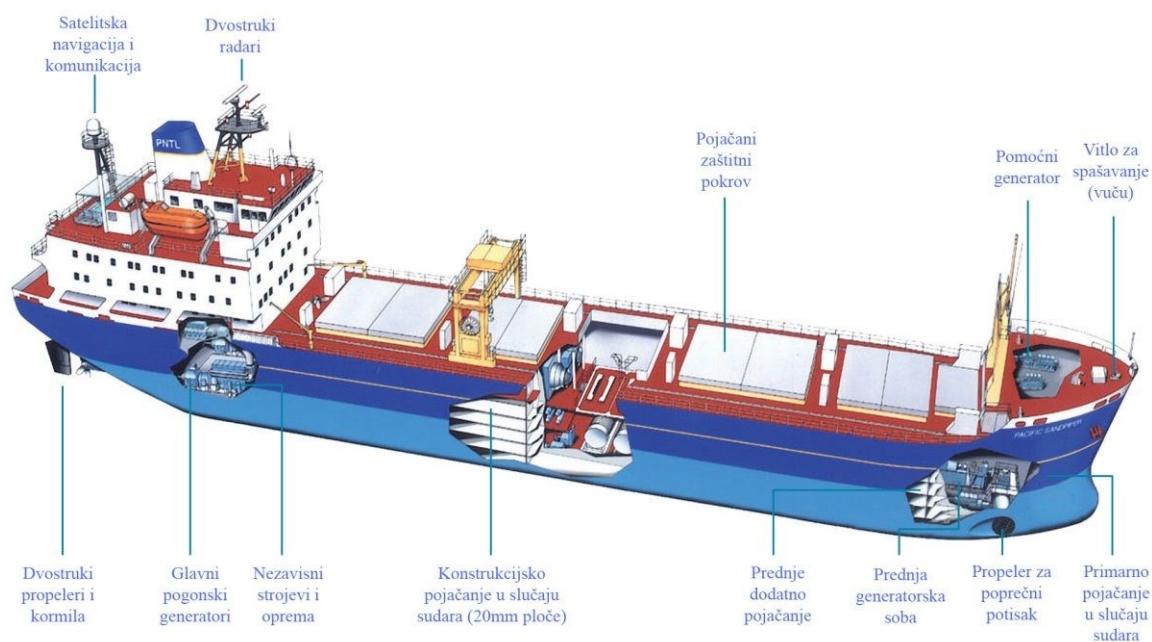
U današnjem svijetu, postoje brodovi koji su dizajnirani i namijenjeni isključivo za prijevoz radioaktivnog tereta. To su mali brodovi dužine od 100 m, gaza 7 m, brzine 14 čvorova. Imaju samo četiri skladišta. Ovakvi brodovi se ne zaustavljaju te održavaju strogo namjensku plovidbu od luke ukrcaja do luke iskrcaja.

Prije svakog prijevoza radioaktivnog tereta, priprema se plan prijevoza koji dokumentira posebne mjere koje je potrebno provesti kako bi se osigurala zaštita tereta.

Ovakvi brodovi imaju dvostruki trup s dodatnim ojačanjima oko skladišta radi bolje sigurnosti u slučaju sudara i veće zaštite za radioaktivne terete. Nijedan tank ulja nije

²⁰ IMSBC Kodeks – Međunarodni pomorski kodeks za krute rasute terete (eng. International Maritime Solid Bulk Cargoes Code)

smješten neposredno uz vanjsku oplatu broda kako bi se smanjila šansa onečišćenja mora, u slučaju puknuća vanjske oplata broda tijekom nezgode. Postrojenja za hlađenje skladišta su smještena između skladišta radi lakšeg održavanja.



Slika 25: Namjenski brod za prijevoz radioaktivnog tereta [16]

Namjenski brodovi prevoze radioaktivni materijal u 100-tonskim paketima Tipa B(M) koji su pričvršćeni za strukturu broda unutar svakog skladišta. U svako skladište stane 5 paketa.

Njihova radioaktivnost provjerava se manualno od kvalificiranih članova posade pomoću Geigerovog mjerača te fiksnim monitorima za mjerenje radijacije koji se nalaze u svakom skladištu. Povezani su alarmnim sustavom na zapovjedničkom mostu.

Prosječna doza zračenja posade na namjenskim brodovima za prijevoz radioaktivnog materijala je izuzetno mala, samo 0.08 mSv. Zbog toga je TI na namjenskim brodovima za prijevoz radioaktivnog tereta je bez ograničenja.

8. PROTUPOŽARNA ZAŠTITA NA BRODOVIMA ZA PRIJEVOZ RADIOAKTIVNIH TERETA

Sprječavanje izbijanja požara najvažniji je dio sigurnosnog programa na brodu. Međutim, nakon što požar počne, dobro obučena ekipa najbolja je obrana za stavljanje požara pod kontrolu kako bi posada mogla pravovremeno i učinkovito odgovoriti na požar.

U slučaju nezgode, detaljne preporuke sadržane su u *Vodiču o postupanju u hitnim slučajevima za brodove koji prevoze opasne tvari (EmS Guide)*²¹. Vodič pruža smjernice za postupanje u slučaju požara i izljeva na brodovima koji prevoze terete IMDG Kodeksa. Namijenjen je za pomoć brodovlasnicima, brodarima i drugim zainteresiranim stranama u razvoju postupaka za hitne slučajeve, koji bi trebali biti integrirani u Brodski plan u slučaju opasnosti.

*Brodski plan u slučaju opasnosti*²²

To je važan dokument koji je prilagođen određenom brodu uzimajući u obzir vrstu broda, količinu i vrstu pakiranja tereta te da li se teret nalazi na palubi ili u skladištu. Sadrži postupke koje treba slijediti kako bi se osigurala spremnost broda za odgovor na hitne slučajeve.

Namijenjen je kao pomoć posadi za izbjegavanje daljnje eskalacije eventualnog incidenta i suočavanja sa stvarnim ili potencijalnim oslobađanjem radioaktivnog materijala. Njegova primarna svrha je pokrenuti potrebne radnje za izbjegavanje ili minimiziranje ispuštanja i ublažavanje njegovih učinaka. Bez obzira na veličinu incidenta, učinkovito planiranje osigurava poduzimanje potrebnih radnji na strukturiran, logičan, siguran i pravovremen način.

Plan bi trebao uključivati smjernice za pomoć zapovjedniku u ispunjavanju zahtjeva u slučaju incidenta velikih razmjera, ukoliko do njega dođe.

Brodski plan u slučaju opasnosti treba biti realan, praktičan i jednostavan za korištenje te treba biti redovito pregledan i ažuriran. Budući da ga koriste zapovjednik i časnici broda, važno je da jedan primjerak plana bude na jeziku posade, a drugi na engleskom jeziku.

Kada je riječ o radioaktivnom teretu, u slučaju požara ili izljeva, plan bi se trebao temeljiti na EmS Vodiču: F-I Protupožarni Raspored i S-S Raspored u slučaju Izljeva. [18]

²¹ EmS Guide - Emergency Response Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods. Nalazi se u trećoj knjizi IMDG Kodeksa

²² eng. Shipboard emergency plan

Protupožarna zaštita posade

Prilikom izbijanja požara na moru, najvažnija je sigurnost posade. Bitno je korištenje prikladne zaštitne odjeće i aparata za disanje, radi zaštite kože i pluća od otrovnih i/ili radioaktivnih para, plinova i prašine. Ova oprema treba biti prikladna za svakog pojedinog člana posade, jer rad s takvom opremom zahtijeva visoku razinu kondicije i obuke.

Poglavlje II-2 SOLAS-a zahtijeva da vatrogasna oprema, kemijska zaštitna odijela i samostalni aparati za disanje budu uvijek dostupni.

Odijela za gašenje požara daju ograničenu zaštitu od požara te ne pomažu u zaštiti od radijacije. Članovi posade za spašavanje moraju nositi kompletnu kemijski zaštitnu odjeću (slika 4) i aparate za disanje. Takva zaštitna odijela koriste se za zaštitu od radijacije te su dizajnirana da zaštite članove posade od određenih radioaktivnih svojstva. Kontakt s radioaktivnim teretom treba izbjegavati i imati u obziru da kemijsko odijelo ne štiti od požara i topline. Propisano je da svaki brod mora imati min. četiri kompleta zaštitne odjeće za kemijske opasnosti kao dodatak odjeći za gašenje požara.

Kao priručna zaštitna sredstva za zaštitu organa za disanje mogu se koristiti industrijska maska, respirator, krpe, vlažne maramice i navlaženi zavoji; za zaštitu očiju naočale slične onima za zaštitu na radu; za zaštitu tijela kišni ogrtači, vjetrovke i otpornija odjeća od sintetičkog i nepromoćivog materijala te za zaštitu ruku i nogu rukavice, visoke cipele ili čizme.

Posada treba održavati redovitu obuku za korištenje samostalnih aparata za disanje te treba osigurati da maske za lice uvijek zadovoljavajuće pristaju. Važnost obuke posade i njihovo poznavanje brodskog plana za nepredviđene situacije igra ključnu ulogu kada se radi o radioaktivnom požaru ili izlivanju.

Iako uređaji za praćenje zračenja nisu obavezni na brodovima, neke primjenjive odredbe o segregaciji ili programima zaštite od zračenja mogu zahtijevati postojanje monitora na brodu. Za brodove koji nose opremu za praćenje radijacije, preporučuje se praćenje razine radijacije.

8.1. PROTUPOŽARNI RASPORED RADIOAKTIVNOG TERETA

Neophodno je ukoliko dođe do požara primijeniti posebni EmS Protupožarni Raspored za teret i poduzeti odgovarajuće mjere. Ovo je važno jer su neke opasne tvari nekompatibilne s nekim sredstvima za gašenje požara i mogu pogoršati nastalu situaciju. U trećem dijelu IMDG kodeksa, poglavlje 3.2 uz PSN i UN brojeve, navedene su i oznake Protupožarnog Rasporeda EmS-a. (Prilog 3.)

Rizik od nesreće radioaktivnog tereta vrlo je nizak. Čak i ako požar zahvati brodsko spremište, mala je vjerojatnost da teret oslobodi značajne količine radioaktivnosti.

Unutar izuzetih, industrijskih i Tipa A paketa radioaktivni sadržaj je toliko ograničen da u slučaju nesreće i oštećenja paketa ili u slučaju oslobodjenja sadržaja, neće uzrokovati radiološku opasnost te neće ometati operacije gašenja požara. Paketi Tipa B(U), Tipa B(M) i Tipa C dizajnirani su da budu dovoljno čvrsti te da izdrže jaku vatru, bez opasnog gubitka zaštite od zračenja ili značajnog gubitka sadržaja.

Ukoliko se desi požar, treba potražiti savjet stručnjaka koji mogu dati određene informacije o teretu te kako ga gasiti. To mogu biti kompanije, centri za hitne informacije, specijalizirane agencije, lučke vlasti, obalna straža, vatrogasne postrojbe i proizvođači proizvoda.

U slučaju požara radioaktivnog tereta potrebno je smanjiti brzinu broda te promijeniti kurs od vjetra da otpuše dim i plamen od broda. S obzirom na radiotoksičnu prirodu tereta, zajedničke prostorije trebaju biti zaštićene od vatre i dima što je više moguće. Stoga ventilacijske sustave za radne i stambene prostore treba zatvoriti i osigurati kako bi se smanjila mogućnost prodiranja para, prašine i plinova u te prostore. Također, potrebna je evakuacija radne posade iz područja niz vjetar i blizine radioaktivnog tereta. Članovi posade tima za gašenja požara ne smiju ulaziti u područje oštećenog tereta bez odgovarajuće zaštitne odjeće i aparata za disanje te si moraju ograničiti ulazak na najkraće moguće vrijeme. Za brodove koji nose opremu za praćenje radijacije trebaju izmjeriti razinu radijacije te procijeniti opseg kontaminacije na susjedna područja.

Općenito, požari zahtijevaju toplinsku energiju i kisik da bi počeli gorjeti. Stoga je cilj gašenja požara isključivanje kisika i hlađenje tereta. Na brodu se to općenito provodi pomoću raspršene vode ili sustava za gašenje plinom.

Glavno sredstvo za gašenje požara na moru je voda i preporučuje se za većinu požara koji uključuju opasne tvari. Ako paketi nisu oštećeni trebaju se ukloniti iz blizine požara, osim ako postoji opasnost da je toplina već prouzročila kemijske i fizičke promjene. Posada bi trebala gasiti požar i hladiti teret u blizini što je više moguće.

Svi brodovi prema zahtjevima SOLAS konvencije moraju imati određeni broj mlaznica dvostruke namjene, za mlaz i raspršivanje vode. Raspršivanje vode se koristi blizu požara, a vodeni mlaz s udaljenosti. Kod korištenja velikih količina vode treba paziti na sile naprezanja broskog trupa i da se stabilnost broda ne naruši.

Postupci gašenja požara radioaktivnog tereta razlikuju se za slaganje tereta "na palubi" i "ispod palube".

Kod požara radioaktivnih tereta *na palubi* potrebno je koristiti čim više crijeva koja raspršuju vodu za rashladiti gorući i obližnji teret izložen vatri s velikom količinom vode, dok se *ispod palube* koristi fiksni sustav za gašenje požara (eng. *drencher*)²³. Pritom svi otvori moraju biti zatvoreni. Posada mora imati na umu da je opasno otvarati vrata prostorija i kontejnera zahvaćenih vatrom. Zbog mogućeg manjka kisika, svježi zrak izvana mogao bi naglo rasplamsati požar i napraviti bljesak (eng. *flashback*) koji može ozlijediti posadu. Zbog toga se prvo mora ohladiti kontejner.

Također je bitno osigurati da uvijek postoji ruta bijega za članove posade koja gase požar, unatoč ograničenjima zbog uskih izlaznih staza i opasnosti od pada s broda.

Nakon što je požar ugašen, a palube i pregrade ohlađene, zatvoreni teretni prostori moraju se ventilirati kako bi dim te otrovni i radioaktivni plinovi mogli izaći. Protupožarni tim treba pregledati teretni prostor te držati teret pod nadzorom dok se ne vrati na njegovu normalnu temperaturu.

Teret se može ponovno zapaliti nakon što se požar ugasi. Potrebno je održavati učinkovitu ophodnju u prostorijama u kojima je izbio požar i u svim susjednim prostorima kako bi se osiguralo da se bilo kakvo novo paljenje ili curenje odmah riješi.

Sustavi za gašenje požara trebaju ostati u pripravnosti. Brodovi koji posjeduju opremu za praćenje radijacije moraju nastaviti s praćenjem njezine razine i nakon što se požar ugasi.

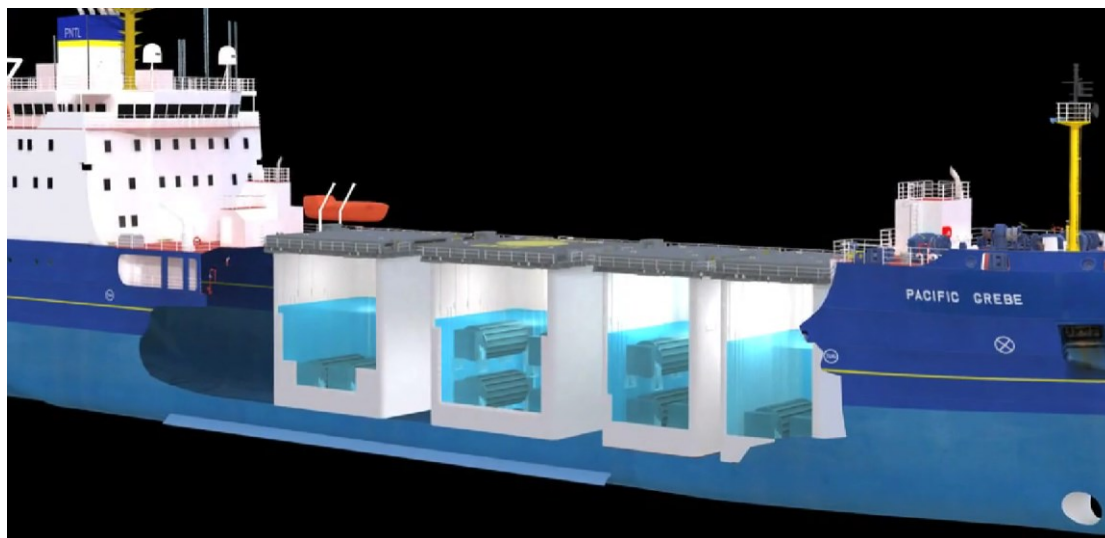
Nakon gašenja požara, treba uzeti u obzir dekontaminaciju i medicinsku prvu pomoć članova posade. Prije skidanja zaštitne odjeće, članove posade koji su sudjelovali u protupožarnoj zaštiti treba dekontaminirati, a potencijalno kontaminiranu odjeću i opremu izolirati. Sve osobe, za koje se sumnja da su bile izložene zračenju, moraju se oprati toplom vodom i sapunom. Potrebno je zabilježiti izložene osobe te im osigurati liječnički pregled nakon dolaska do medicinskog osoblja. Dekontaminacijsku stanicu treba postaviti na sigurno mjesto od oštećenog tereta i prostorija posade.

²³ Najčešće se koristi na RO-RO brodovima i trajektima

Ukoliko je radioaktivni paket bio izložen bilo kakvom značajnom požaru, potrebno je potražiti savjet stručnjaka. Treba ukloniti sigurnosnu i protupožarnu opremu ako sumnjamo da je kontaminirana. Brodske površine treba očistiti i isprati s obilnom količinom vode preko palube. Općenito se voda koja je služila za pranje osoba ili brodskih površina ispušta izravno u more, no u Republici Hrvatskoj je to prema pravilniku o rukovanju opasnim tvarima te načinu sprječavanja širenja isteklih ulja, članku 93 strogo zabranjeno [2].

7.1.1. Požar na namjenskim brodovima za prijevoz radioaktivnog tereta

Ovakvi brodovi imaju alternativnu protupožarnu zaštitu. Svako skladište može se napuniti morskom vodom kako bi se ugasio požar te pružio štiti od radijacije. Čak i sa svakim naplavljenim skladištem, namjenski brodovi zbog svoje velike stabilnosti mogu dalje nastaviti sigurnu plovidbu. Ovaj alternativni sigurnosni sustav prikazan je na slici 26.



Slika 26: Naplavljanje skladišta na namjenskim brodovima za prijevoz radioaktivnog tereta radi protupožarne zaštite [16]

7.1.2. Posebni slučajevi požara radioaktivnih tereta

Požar uranija heksafluorida UN 2977, UN 2978, UN 3507

Prilikom požara uranijevog heksafluorida, postoji ogromni rizik o kemijskoj opasnosti koja je puno opasnija od zračenja. Takav teret reagira s vlagom stvarajući otrovne i korozivne plinove koji mogu burno reagirati s ugljikovodicima te eksplodirati. Zato se treba držati podalje od njih te ih treba hladiti vodom sa sigurne udaljenosti. Posada treba

izbjegavati kontakt s njim čak i kada nose zaštitnu odjeću, jer i kratkotrajno udisanje male količine pare može izazvati poteškoće s disanjem.

Požar posebnog oblika paketa Tipa A UN 3332, UN 3333

Ako se izvorna kapsula nađe izvan svog pakiranja, ne smije se dirati te se posada mora držati podalje od nje i ograničiti vrijeme blizu kapsule radi smanjenja izloženosti zračenju. Potrebno je obratiti se stručnjacima za savjet.

Požar radioaktivnog samozapaljivog tereta ili tereta koji u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove

Postoje radioaktivni tereti kao što su piroforni uran ili metalni torij koji su samozapaljivi ili koji u dodiru s vodom stvaraju zapaljive plinove (klasa 4.2 i 4.3). U takvim slučajevima se ne smije koristiti voda.

Postoje dva načina gašenja požara ovih tereta. Ako je moguće, koristit će se ugrađeni plinski sustav za gašenje požara. Pritom svi otvori skladišta moraju biti zatvoreni, a ventilacija isključena prije nego što se sustav aktivira. Važno je napomenuti da će trebati dosta vremena da se prostor ohladi nakon što se vatra ugasi. Zbog toga je izuzetno opasno ponovno otvoriti otvore jer bi plin za gašenje izašao, a zrak bi ponovno ušao u prostor, čime bi se požar ponovno rasplamsao.

Ako to nije dostupno, potrebno je s otvorenim grotlima rashladiti obližnji teret obilnim količinama vode, iako bi se požar mogao kratkotrajno pojačati. Svakako je potrebno savjetovati se sa stručnim službama.

8.2. RASPORED U SLUČAJU IZLJEVA RADIOAKTIVNOG TERETA

Uz požar, izljev radioaktivnog tereta spada u najopasnije situacije na moru. Treba uzeti u obzir da uslijed velike topline može doći do puknuća paketa te do nastanka izljeva radioaktivnog sadržaja koje bi moglo biti značajna opasnost za posadu. Neispravnost zadržavanja pakiranja može se uočiti po vlažnim površinama na paketu.

Izljevom se smatra ispuštanje bilo kojeg krutog, tekućeg ili plinovitog radioaktivnog materijala iz pakiranja. U slučaju izljeva potrebno je poduzeti dodatne mjere zaštite osoba, imovine i okoliša kako bi se posljedice takvog curenja minimizirale i prevladale. Ukoliko dođe do radijacijske kontaminacije članova posade udisanjem, gutanjem ili kontaktom s kožom potrebno je poduzeti odgovarajuće zaštitne mjere. Članovi posade za spašavanje trebaju obući zaštitnu odjeću koja prekriva cijelo tijelo te nositi samostalne aparate za disanje kako ne bi udahnuli otrovnu i korozivnu prašinu, pare i plinove. Tim hitne pomoći bi trebao

izbjegavati direktni kontakt s radioaktivnim materijalima bez obzira na to što nose zaštitnu odjeću.

Uređaji i oprema za osobnu zaštitu na brodu općenito ne mogu pružiti zaštitu protiv zdravstvenih učinaka prodornog ionizirajućeg zračenja, stoga su za zaštitu posade važni vrijeme i udaljenost od izljeva. Ulazak posade u područje nesreće treba ograničiti na najkraće moguće vrijeme, a posada se mora povući na dobro zaštićenu poziciju. Treba ograničiti pristup teretu i što je prije moguće procijeniti opseg kontaminacije na susjedna područja i posljedičnu brzinu radioaktivne doze tereta.

Ukoliko se radi o izljevu tekućine na palubi, treba ju pokriti s upijajućim inertnim materijalima (prah, pjena, piljevina) te prekriti plastičnom folijom ili ceradom kako bi se smanjilo njezino širenje. Talog tekućina ili krutih tvari ispire se preko palube s velikom količinom vode.

Kod izljeva radioaktivnih paketa u skladištu postoji mogućnost razvijanja plinova i para te je potrebno omogućiti odgovarajuću ventilaciju kako bi ispušteni plin iscurio. Posebnu pozornost treba posvetiti na sprječavanje ulaska radioaktivnih para i dimova u stambene prostorije posade, prostorije strojeva i radna područja pomoću vodene zavjese.

U slučaju većeg izljeva unutar skladišta ne smije se ulaziti u skladište te je potrebno dodatno stručno savjetovanje. Oštećene pakete ili pakete iz kojih curi radioaktivni sadržaj može se ukloniti na prihvatljivo privremeno mjesto te ih je potrebno prekriti i izolirati.



Slika 27: Izljev radioaktivnog tereta [18]

8.3. VODIČ MEDICINSKE PRVE POMOĆI

U slučaju osobne izloženosti tijekom incidenta koji uključuje radioaktivni materijal, detaljne preporuke sadržane su tablici 20 „Radioaktivni materijali“ iz Vodiča medicinske prve pomoći za uporabu u nesrećama koje uključuju opasne tvari MFAG²⁴ objavljen od IMO²⁵, WHO²⁶ i ILO²⁷.

Pod ekstremnim uvjetima požara, gubitak zaštite tereta te povećanje brzine doze mogu dovesti do značajne opasnosti za posadu. One mogu proizaći iz radioaktivne prirode materijala ili njegove kemijske prirode. Jedno ili oboje može biti važno. Kemijski učinak na osobe može biti odmah vidljiv. Simptomi kemikalija mogu biti trovanje ili opekline.

Opasnosti od radioaktivne prirode materijala mogu biti vanjsko zračenje tj. kontaminacija na vanjskom sloju kože ili unutarnje zračenje kada se radioaktivni materijal udahne, proguta ili uđe kroz ranu.

Akutni učinci izloženosti zračenju mogu uključivati povraćanje, slabost, glavobolju i proljev. Početak i ozbiljnost znakova ukazuju na tijek bolesti. U teškim slučajevima, u razdoblju od jednog do tri tjedna nakon izloženosti zračenju mogu se pojaviti gubitak kose, komplicirane infekcije, difuzno krvarenje i nekontrolirani proljev.

Unesrećenika moramo udaljiti od izvora zračenja što dalje. Zabranjeno je davati umjetno disanje unesrećeniku koji je u nesvijesti da se kontaminacija ne proširi na druge osobe.

Rane i posjekotine koje nisu opasne po život treba na kratko ostaviti da prokrvare, kako bi krv mogla izbaciti moguće radioaktivne čestice, pa ih zatim liječiti. Unesrećenik treba ispuhati nos, obrisati nosne prolaze i uši te temeljito isprati usta kako bi uklonio sve čestice. Potrebno mu je skinuti odjeću i osobne predmete koji bi mogli biti kontaminirani te ih treba staviti u plastičnu vrećicu ili zatvoriti u kutiju. Unesrećenik se treba istuširati i temeljito oprati šamponom što je prije moguće. Pritom mora paziti na oštećenu kožu. Potrebno je spriječiti širenje kontaminirane vode od pranja.

Spasilačko osoblje sa zaštitnom odjećom i aparatima za disanje također se mora ispirati šmrkom 10 minuta. Nakon završetka pružanja pomoći unesrećenima temeljito se mora istuširati i oprati šamponom.

²⁴ MFAG – Vodič medicinske prve pomoći (eng. Medical First Aid Guide for use in Accidents Involving Dangerous Goods)

²⁵ IMO – Međunarodna Pomorska Organizacija (eng. International Maritime Organization)

²⁶ WHO – Svjetska Zdravstvena Organizacija (eng. World Health Organization)

²⁷ ILO – Međunarodna Organizacija Rada (eng. International Labour Organization)

Svim osobama koje su bile u izravnom ili neizravnom kontaktu s radioaktivnom tvari mora se što prije uzeti uzorak urina i čuvati ga u zatvorenoj posudi za daljnju analizu.

Zaštitnu odjeću, aparate za disanje, vrećicu ili kutiju sa unesrećenikovim stvarima, uzorke urina te sve ručnike, deke i ubruse nosa koji su se koristili za dekontaminaciju treba držati na sigurnom mjestu dalje od prostorija posade dok stručnjaci za radijaciju ne budu dostupni za procjenu.

U slučaju mučnine, slabosti, pospanosti ili gubitka apetita unesrećenog treba držati u stanju mirovanja pod promatranjem u toploj kabini ili u brodskoj bolnici. Ako ne dođe do povraćanja unutar 2 do 3 dana, unesrećenog treba staviti pod liječnički nadzor u sljedećoj luci pristajanja.

U slučaju povraćanja unutar 2 do 3 dana nakon izlaganja radijaciji treba mu intramuskularno (injekcijom u mišić) dati 10 mg *metoklopramida* te ponovno 2 sata kasnije ukoliko povraćanje ne prestane. Raniji početak čestog i dugotrajnog povraćanja je loš znak.

Posada treba biti spremna primijeniti reanimaciju. Potrebno je radiokomunikacijom dobiti liječničke savjete te eventualni prijevoz unesrećenog do obalne bolnice što je prije moguće.

9. ZAKLJUČAK

Tijekom istraživanja i pisanja ove teme, može se reći kako je općenito malo dostupne literature i istraživačkih studija o prijevozu radioaktivnog tereta.

Danas suvremeni pomorski promet sve više utječe na globalnu trgovinu te ima vitalnu ulogu i u prijevozu radioaktivnih tereta koji je još uvijek vrlo rijedak. Bez obzira na napredak znanosti i tehnologije te sve brži razvoj globalne ekonomije, prijevoz radioaktivnih tereta može uzrokovati ljudske žrtve i gubitak imovine. Prilikom prijevoza ove vrste tereta poduzimaju se posebne mjere zaštite.

Kako bi se on sigurno i uspješno prevezio potrebno je osigurati adekvatne uvjete na brodovima koji će biti prilagođeni radioaktivnom teretu te koji će osigurati visoku razinu sigurnosti. Također, potrebno je osigurati da su posada i zapovjednik broda upoznati sa svim karakteristikama tereta, da su uvježbani za djelovanje u slučaju nesreće te da će svojim djelovanjem minimalizirati ili sasvim ukloniti neželjene posljedice i spriječiti pomorske katastrofe.

Prijevoz radioaktivnih tereta može uključivati velike rizike za okoliš, poput onečišćenja i štetnog utjecaja na život mora, pa je stoga briga o zaštiti tereta i sprečavanju katastrofa također vrlo bitna. Zbog toga međunarodni propisi određuju procedure zaštitnih radnji koje se moraju poduzeti kako bi se minimalizirala vjerojatnost pojave nesreća i katastrofa te određuju neophodne obveze koje moraju ispunjavati svi sudionici u prijevozu kako se ne bi ugrozila sigurnost posade, broda, imovine i okoliša.

Napomenuo bih da sam istraživanjem o ovoj temi mnogo naučio o specifičnosti radioaktivnih tereta te o njihovom pomorskom prijevozu. Kroz moje sedmogodišnje školovanje u nautičkom obrazovanju nisam imao prilike susresti se s ovim opasnim teretom te mi je izuzetno zadovoljstvo što sam dobio priliku za sve to kroz moj završni rad.

LITERATURA

- [1] IAEA Safety Standards for protecting people and the environment Specific Safety Requirements No. SSR-6 (Rev. 1) Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material 2018 Edition
(https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1798_web.pdf)
- [2] Pravilnik o rukovanju opasnim tvarima, uvjetima i načinu obavljanja prijevoza u pomorskom prometu, ukrcavanja i iskrcavanja opasnih tvari, rasutog i ostalog tereta u lukama, te načinu sprječavanja širenja isteklih ulja, (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2005_04_51_979.html)
- [3] International Maritime Dangerous Goods Code Volume 1, Volume 2 & Supplement, 2020 Edition
- [4] Europski sporazum o međunarodnom prijevozu opasnih tvari unutarnjim vodnim putovima ADN 2019. - Svezak I. i Svezak II. (https://narodne-novine.nn.hr/clanci/međunarodni/2019_05_5_40.html).
- [5] Isotainers – ISO Tank Containers <https://www.saferack.com/glossary/iso-tank-containers/>
- [6] Standard for Packaging and Transport of Uranium Concentrates Version-3.pdf (<https://www.wnti.co.uk/wp-content/uploads/2021/01/Standard-for-Packaging-and-Transport-of-Uranium-Concentrates-Version-3-04.pdf>)
- [7] Transport of dangerous goods on RO-RO ferries work package 2.1 (https://alberoprojekt.de/index_htm_files/WP%202.1%20Transport%20of%20dangerous%20goods%20on%20ro-ro%20ferries.pdf)
- [8] International Maritime Solid Bulk Cargoes Code, 2020 Edition
- [9] U.S. Environmental Protection Agency (https://www.epa.gov/radiation/radiation-basics#:~:text=Radioactive%20elements%20emit%20ionizing%20radiation,the%20form%20of%20ionizing%20radiation))
- [10] Nuclear Radiation and Its Different Types (<https://www.wondriumdaily.com/nuclear-radiation-and-its-different-types/>)
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Radioactive_decay
- [12] https://shipcon.com.pl/wp-content/uploads/2017/04/Product_Sheet_Trellchem_Light-TR_1606_LOW.pdf
- [13] <https://www.croftltd.com/products/>

- [14] <https://www.ntanet.net/how-do-you-package-radioactive-materials-for-shipment>
- [15] <https://sosnycompany.com/our-products/development-of-a-type-c-package-for-the-transport-of-radioactive-material-with-no-restrictions-on-activity-by-different-transport-modes-including-aircrafts.html#:~:text=Type%20C%20packaging%20is%20an,a%20height%20of%20450%20m>
- [16] <https://www.pntl.co.uk/our-fleet/pntl-ship-tour/>
- [17] https://en.wikipedia.org/wiki/Radiation_protection#Personal_radiation_dosimeters
- [18] [https://www.crclass.org/wp-content/uploads/ti-tc/98/2-1%20MSC.1-Circ.1588%20-%20INTERNATIONAL%20MARITIME%20DANGEROUS%20GOODS%20\(IMDG\)%20CODEREVISIED%20EMERGENCY%20RESPONSE%20PROCEDURES%20FO...%20\(Secretariat\).pdf](https://www.crclass.org/wp-content/uploads/ti-tc/98/2-1%20MSC.1-Circ.1588%20-%20INTERNATIONAL%20MARITIME%20DANGEROUS%20GOODS%20(IMDG)%20CODEREVISIED%20EMERGENCY%20RESPONSE%20PROCEDURES%20FO...%20(Secretariat).pdf)

KAZALO KRATICA

KRATICA	PUNI NAZIV NA STRANOM JEZIKU	TUMAČENJE NA HRVATSKOM JEZIKU
B(U)	eng. Unilateral approval for Type B packages	unilateralno odobrenje paketa Tipa B
B(M)	eng. Multilateral approval for Type B packages	multilateralno odobrenje paketa Tipa B
CSI	eng. Criticality Safety Index	Indeksom kritične sigurnosti
EmS Guide	eng. Emergency Response Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods	Vodič o postupanju u hitnim slučajevima za brodove koji prevoze opasne tvari
IAEA	eng. International Atomic Energy Agency	Međunarodna agencija za atomsku energiju
IBC	eng. Intermediate bulk container	Spremnik za rasuti teret
ILO	eng. International Labour Organization	Međunarodna Organizacija Rada
IMDG Code	eng. International Maritime Dangerous Goods Code	Međunarodni pomorski kodeks opasnih tvari
IMO	eng. International Maritime Organization	Međunarodna Pomorska Organizacija
IMSBC Code	eng. International Maritime Solid Bulk Cargoes Code	Međunarodni pomorski kodeks za krute rasute terete
INF Code	eng. International Code for the Safe Carriage of Packaged Irradiated Nuclear Fuel, Plutonium and High-Level Radioactive Wastes on Board Ships	Međunarodni kodeks za siguran prijevoz zapakiranog ozračenog nuklearnog goriva, plutonija i visokoradioaktivnog otpada na brodovima

IP	eng. Industrial packages	Industrijski paketi
LSA	eng. Low specific activity material	Materijali niske specifične aktivnosti
MARPOL	eng. International Convention for Prevention of Pollution from Ships 1973./1978.	Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova iz 1973./1978.
MFAG	Medical First Aid Guide for use in Accidents Involving Dangerous Goods	Vodič medicinske prve pomoći za uporabu u nesrećama koje uključuju opasne tvari
PSN	eng. Proper Shipping Name	Ispravno prijevozno ime
SCBA	eng. Self-Contained Breathing Apparatus	Samostalni aparat za disanje
SCO	eng. Surface contaminated object	Površinski kontaminirani predmet
SOLAS	eng. International Convention for the Safety of Life at Sea from 1974.	Međunarodna konvencija o zaštiti ljudskog života na moru iz 1974.
TI	eng. Transport index	Transportni indeks
WHO	eng. World Health Organization	Svjetska Zdravstvena Organizacija

POPIS SLIKA

Slika 1: Ionizirajući i neionizirajući dio elektromagnetskog spektra [9].....	3
Slika 2: Prodiranje ionizacijskih zračenja [10].....	5
Slika 3: Odnos između radioaktivnosti i ionizirajućeg zračenja te mjernih jedinica [11].....	6
Slika 4: Kemijsko zaštitno odijelo [12].....	7
Slika 5: Samostalni aparat za disanje SCBA [12].....	8
Slika 6: Geiger-Müllerov brojač [17].....	8
Slika 7: Elektronički osobni dozimetar zračenja [17].....	9
Slika 8: Pojedini radioaktivni materijali i njihove granične vrijednosti radioaktivnosti [3]..	11
Slika 9: Popis radioaktivnih tereta s njihovim UN brojevima i ispravnim prijevoznim imenom (eng. Dangerous Goods list) [3].....	12
Slika 10: Granice radioaktivnosti za izuzete pakete [3].....	18
Slika 11: Hermetički zatvoreni kontejneri [13].....	20
Slika 12: Metalni IBC-i [13].....	20
Slika 13: Primjer slaganja paketa Tipa A u kartonsku kutiju [14].....	21
Slika 14: Primjer spremnika koji se koristi prijevoz paketa Tipa A - metalna kutija koja se može zaključati lokotom i služi za višekratnu upotrebu [14].....	22
Slika 15: Paket Tipa B(U) [15].....	23
Slika 16: Ukrcaj paketa Tipa C [15].....	24
Slika 17: Simbol trolista s proporcijama temeljenih na središnjem krugu polumjera X [3]..	25
Slika 18: Naljepnica za fisiske terete [3].....	27
Slika 19: Plakat radioaktivnog materijala [3].....	27
Slika 20: Segregacija radioaktivnog tereta od ljudi po pojedinoj vrsti broda [3].....	33
Slika 21: Kontejner cisterna [5].....	34
Slika 22: Kontejner za prijevoz radioaktivnog tereta [6].....	35
Slika 23: Primjer Zahtjeva za pomorsku rezervaciju radioaktivnog tereta [6].....	36
Slika 24: Ukrcaj prijenosne cisterne na RO-RO brod [7].....	37
Slika 25: Namjenski brod za prijevoz radioaktivnog tereta [16].....	39
Slika 26: Naplavljivanje skladišta na namjenskim brodovima za prijevoz radioaktivnog tereta radi protupožarne zaštite [16].....	44
Slika 27: Izljev radioaktivnog tereta [18].....	46

POPIS TABLICA

Tablica 1: Industrijska pakiranja za LSA materijale i SCO.....	19
Tablica 2: Kategorizacija radioaktivnih tereta.....	26
Tablica 3: Ukupna radioaktivnost za prijevoz LSA materijala i SCO.....	32

PRILOG 1: POTVRDA IMDG KODEKSA ZA PRIJEVOZ OPASNIH TVARI

DANGEROUS GOODS DECLARATION, SHIPPING NOTE & CONTAINER/VEHICLE PACKING CERTIFICATE		DANGEROUS GOODS NOTE	
Exporter (shipper, consignor, sender)	1	Customs reference/status	2
Consignee	6	Booking number	3
		Exporter's reference	4
		Forwarder's reference	5
Freight forwarder	7	DSHA Notification (in accordance with DSHA Regulations (as amended)) given by:	
		Shipper	Cargo agent
Other UK transport details	9	International carrier	8
Vessel and Port of loading	10	For use of receiving authority only	
Port of discharge and Destination	11	I hereby declare that the contents of this consignment are fully and accurately described below by the proper shipping name, and are classified, packaged, marked and labelled/placarded and are in all respects in proper condition for transport according to the applicable international and national governmental regulations and in accordance with the provisions shown overleaf. The shipper must complete and sign box 17.	
Shipping marks	12	Net weight (kg) of goods	13
Number and kind of packages; description of goods		Gross weight (kg) of goods	13A
SPECIFY: the UN Number, the Proper Shipping Name*, the Class, the Packing Group. Additional information may be required depending on the mode and/or substance.		Cube (m ³) of goods	14
*Proper Shipping Name -Trade names alone are unacceptable.		Total gross weight of goods	15
CONTAINER/VEHICLE PACKING CERTIFICATE I hereby declare that the goods described above have been packed/loaded into the container/vehicle identified below in accordance with the provisions shown overleaf. THIS DECLARATION MUST BE COMPLETED AND SIGNED FOR ALL CONTAINER/VEHICLE LOADS BY THE PERSON RESPONSIBLE FOR PACKING LOADING.		Total cube of goods	16
Container identification number/vehicle registration number	16	Seal number(s)	16A
		Container/vehicle size and type	16B
		Tare (kg)	16C
		Total gross weight (including tare) (kg)	16D
DOCK/TERMINAL RECEIPT		Name and telephone number of shipper preparing this note	
HAULIER DETAILS	RECEIVING AUTHORITY REMARKS	Name/status of declarant	
Haulier's name	Received the above number of packages/containers/trailers in apparent good order and condition unless stated hereon.	Place and date	
Vehicle reg. no.		Signature of declarant	
Driver's signature	Receiving authority signature and date		

890 Non-completion of any boxes is a subject for resolution by the contracting parties.

Dangerous Goods Notes and Standard Shipping Notes obtained from HIBISCUS PLC, Hudswell Road, Leeds LS10 1AG. Tel: 44 (0) 113 242 4272 Fax: 44 (0) 113 242 4230

PRILOG 2: DEKLARACIJA O OPASNIM ILI ONEČIŠĆUJUĆIM TVARIMA

Podnositelj deklaracije Lučkoj upravi:

(Party submitting the Declaration): (To Port Authority):

DEKLARACIJA O OPASNIM ILI ONEČIŠĆUJUĆIM TVARIMA (DECLARATION OF DANGEROUS OR POLLUTING GOODS)

A.	PODACI O BRODU SHIPS PARTICULARS
1.	Ime broda, zastava broda Ships name, Flag of the ship
2.	Pozivni znak i MMSI Call sign and MMSI number
3.	Godina gradnje Year of built
4.	IMO Broj IMO number
5.	Nosivost, gaz i dužina broda Vessel's DWT, draft and length
6.	Potvrda o sposobnosti broda za krcanje opasnih tvari u upakiranom ili rasutom stanju vrijedi do*: Validity of the document of compliance for the carriage of dangerous goods in packaged form or the authorisation for carriage dangerous solids*:
7.	Tanker s dvostrukom oplatom? Ako nije navedi kategoriju tankera (1,2,3) – Izmijenjeno Pravilo 13G Annex I M73/78 ** Double hull tanker? If not, give tanker category (1,2,3) –Revised Reg.13G Annex I M73/78**
8.	Da li postoji potvrda o financijskom osiguranju u slučaju onečišćenja (CLC 69, art.VII)?** Certificate of insurance in respect of civil liability for oil pollution damage (CLC 69,art.VII) exist on board?***
*Za brodove osim tankera *For ships other than tankers **Samo za tankere **For tankers only	
9.	Luka odredišta Port of destination
10.	Brodovi koji napuštaju hrvatske luke Ships leaving croatian ports
10.1.	Procijenjeno vrijeme odlaska iz luke Estimated time of departure (ETD)
10.2.	Procijenjeno vrijeme dolaska u luku odredišta Estimated time of arrival at port of Destination (ETA)
11.	Brodovi koji uplovljavaju u hrvatske luke Ships entering croatian ports
11.1.	Procijenjeno vrijeme dolaska broda u luku odredišta Estimated time of arrival in port of Destination (ETA)
12.	Ukupan broj osoba na brodu Total number of persons on board
B.	PODACI O VOZILU VEHICLE PARTICULARS
1.	Vrsta vozila Kind of vehicle
2.	Oznaka vozila Number and mark of vehicle
3.	Predviđeno vrijeme dolaska u luku Estimated time of arrival in port

C.	PODACI O TERETU CARGO INFORMATION
1.	Ukrcaj, iskrcaj, provoz, skladištenje u luci Loading, unloading, transit, storage in port
2.	Ispravno tehničko ime Correct technical name
3.	UN broj (gdje postoji) UN number (where they exist)
4.	IMO klasa u skladu s IMDG, IBC, IGC kodeksima IMO hazard class in accordance with IMDG, IBC, IGC Codes
5.	Klasa broda u skladu s INF Kodeksom (ako je primjenjivo) Class of the ship as defined by INF Code (if appropriate)
6.	Količina tereta Quantity of cargo
7.	Smještaj na brodu (na palubi, pod Palubom, u tankovima) Location on board (on deck, underdeck, In cargo tanks)
8.	Da li postoji plan smještaja opasnih ili onečišćujućih tvari na brodu? Dangerous or polluting goods Manifest or stowage Plan is available on board?
9.	Identifikacijski broj transportne jedinice ako je različita od tanka tereta Identification number of cargo transport unit other than tanks
10.	Adresa gdje se mogu dobiti detaljne informacije o teretu Address from where detailed Information on cargo may be obtained
11.	Podatke za hitni kontakt krcatelja ili drugog tijela koje raspolaže podacima o psiho– kemijskim karakteristikama tvari i postupanju u slučaju hitnosti. The emergency numbers of the shipper or any other person or body in possession of information on the physico-chemical characteristics of the products and on the action to be taken in an emergency.
D.	RADIOAKTIVNE TVARI RADIOACTIVITY GOODS
1.	Vrsta i stanje radioaktivnih tvari Kind and condition of radioactivity goods
2.	Radioaktivnost (Bq) Radioactivity (Bq)
3.	Kategorija koleta (žuta ili bijela oznaka) Package category (yellow or white mark)
4.	Stupanj zračenja ako je koleto žuto označeno Radioactivity effect in case of yellow mark
5.	Grupa radioaktivnosti

PRILOG 3: EMS VODIČ PROTUPOŽARNI RASPORED **RADIOAKTIVNOG TERETA**

MSC.1/Circ.1588
Annex, page 26

FIRE SCHEDULE India

F-I **RADIOACTIVE MATERIAL**

General comments		Evacuate compartment or downwind area of non-essential personnel. Do not touch damaged packages. In cases of suspected radioactive contamination, limit entry of firefighters for the shortest time possible. For ships carrying radiation monitoring equipment, measure radiation levels. Radio for expert ADVICE. After the fire has been extinguished, clean ship's surfaces with copious quantities of water. Decontaminate firefighters before protective clothing is removed. Isolate potentially contaminated clothing and equipment. If exposure of personnel is suspected, clean body and hair with warm water and soap; discharge resultant washings directly overboard. Record the names of potentially exposed persons. Ensure medical examination of these persons after reaching any medical staff. For ships carrying radiation monitoring equipment, continue monitoring of radiation levels after fire is extinguished.
Cargo on fire on deck	Packages	Create water spray from as many hoses as possible.
	Cargo Transport Units	Create water spray from as many hoses as possible. Cool burning transport units and nearby cargo exposed to the fire with copious quantities of water.
Cargo on fire under deck		Stop ventilation and close hatches. Use cargo space fixed fire-extinguishing system. If this is not available, create water spray using copious quantities of water.
Cargo exposed to fire		If practicable, remove or jettison packages which are likely to be involved in the fire. Otherwise, cool for several hours using copious quantities of water.
Special cases:		
UN 2977, UN 2978, UN 3507		Chemical hazard greatly exceeds radiation hazard. Material reacts with moisture to form toxic and corrosive gas. The run-off may be corrosive. Keep clear. Exposed cargoes may explode in a fire. Create water spray. Leak may be evident by visible and irritating vapours. Released vapours may also react violently with hydrocarbons (fuel).
UN 3332, UN 3333		If the source capsule is identified as being out of its packaging, do not touch. Stay away, minimize exposure to radiation by limiting time near material and by maximizing distance. Radio for expert ADVICE.
Subsidiary label class 4.2 or class 4.3		All radioactive material with subsidiary hazard label 4.2 or 4.3 affixed (e.g. pyrophoric uranium or thorium metal): Radio for expert ADVICE. <i>On deck:</i> Do not use water onto the material. Cool nearby cargo with copious quantities of water, although the fire could intensify for a short period. Do not spray small quantities of water onto the fire, use copious quantities of water. <i>Under deck:</i> Stop ventilation and close hatches. The fixed gas fire-extinguishing system should be used. If this is not available, do not use water onto the material in enclosed spaces under deck. With open hatches, cool nearby cargo with copious quantities, although the fire could intensify for a short period. Do not spray small quantities of water onto the fire, use copious quantities of water only.