



MALI EKOLOŠKI PRIRUČNIK 4 PLANET ZEMLJA

Pripremila: Jasna Žagar, 25.04.2011.



I. dio: Rođena iz vatre

Jeste li znali ...

- ... da je Zemlja treći planet od Sunca u zabačenom kutku Svemira u kraku sasvim obične galaktike zvane Mliječna staza?
- ... da je nemiran plavi planet Zemlja crvene i divlje duše, koji pokretan rastopljenim stijenama u unutrašnjosti eksplodira, klizi, trza se i bućka, a ponekad i ubija, kontinenti se sudaraju i ponovno cijepaju, vuklani eruptiraju, planine se izdižu, a gradovi čekaju smrt, sve zbog tekućih stijena koje nazivamo lavom i njihova roditelja magme?
- ... da je lava, koja ispunjava veći dio Zemljina volumena, stroj koji stvara i razara na razini koja daleko nadmašuje sve moći stanovnika svijeta?
- ... da nam lava u budućnosti priprema mega potrese, razorne udarne vodene valove, užase super vulkana, klizanje tla i čitav niz drugih smrtonosnih fenomena?
- ... da vjerojatno više znamo o unutrašnjosti Mjeseca, Sunca i drugih planeta, nego o unutrašnjosti Zemlje?
- ... da se rastopljena užarena masa nalazi na dubini od 3200 kilometara i da su potrebni milijuni godina da se probije na površinu do vatrenog spektakla i izgradi npr. otočja – potomke vulkana?
- ... da je havajski Veliki otok vulkana od dna prema vrhu visok poput Himalaje?
- ... da Sunce, vlaga i mikroorganizmi tijekom godina pretvaraju lavu iz vulkana u plodno tlo, na kojem počinje bujati život?
- ... da planet trga sam sebe i izbacuje svoje iznutrice, dok se na drugim mjestima dijelovi silovito sudaraju i planet proždire

samoga sebe? Upravo te šavove pogađa najveći broj potresa i tu eksplodira najveći broj vulkana.

- ... da je Zemljina površina razbijena na desetak komada različitih veličina – ploče, koje klize po podlozi poput autića u lunaparku?
- ... da je lava samo površinski trag moćnog stroja magme, koja pokreće tektonske ploče, što uzrokuje razorne potrese, divlje erupcije vulkana i izdizanje planinskih lanaca do tolikih visina?
- ... da su San Francisco i Tokio zbog položaja na dodiru tektonskih ploča osuđeni na smrt?
- ... da vruća lava eruptira u hladan ocean, voda koja je probila u vruće tlo zagrijava se zbog vulkanske aktivnosti i izlijeće prema gore? U crnim dimnjacima voda koja dostiže temperaturu višu od 350°C izlijeće pod tlakom. Svaka kap iz oceana prođe kroz hidrotermalni ispuh jednom u 3 000 000 godina. Zemlja se kuha u vlastitim sokovima, a ljudi uživaju u geotermalnim izvorima.
- ... da je pametno malo se udaljiti, kad se vrela voda iz gejzira počinje bućkati?
- ... da se u užarenim dubinama Zemlje nalazi još nešto, što snažno podiže temperaturu – radioaktivni materijali, prvenstveno uran, koji pri raspadu oslobađaju toplinu?
- ... da se na vrhovima Himalaje nalaze fosili trilobita?
- ... da se Mount Everest podiže 3,8 centimetara godišnje? Vjeruje se da će se urušiti uslijed vlastite mase.
- ... da u Andama vrebaju razorni potresi i smrtonosni vulkani?
- ... da se neka od najnasilnijih vulkanskih mjesta nalaze na sredinama tektonskih ploča, daleko od oceanskog vatrenog prstena, iako bi to trebala biti najmirnija mjesta na Zemlji? Nitko točno ne zna zašto je tome tako.
- ... da mega potresi dostižu i više od 9° na Richterovoj ljestvici? Udarni vodeni val bi pri tom dostigao visinu osmerokatnice.
- ... da udarni vodeni valovi mogu izbaciti koralje na visinu od 1400 metara?
- ... da je najstariji nacionalni park na svijetu Yellowstone ogroman vulkanski kotao? Nitko ne zna bi li čovječanstvo preživjelo da super vulkan Yellowstone danas eksplodira.

II. dio: Carstvo oceana

Jeste li znali ...

- ... da su mora lijepa, mračna, duboka i neistražena? Možda bi tako trebalo i ostati.
- ... da oceani definiraju naš planet? Kopno postaje manje važno, a mora nas povremeno podsjećaju tko je pravi gazda na planetu.
- ... da mora poplavljuju, nadvijaju se i razbijaju, moćno se skupljaju i stvaraju udarne vodene valove, izdahnu i stvore super uragane, a ispod površine skrivaju čuda?
- ... da u dubinama oceana nastaju otoci, izdišu krajobrazi, skrivaju se prekrasno lijepa i krajnje neobična bića?
- ... da je svaka kapljica vode čudo? Sastavni je dio svih živih bića, a prisutna je na planetu gotovo od samog njegovog nastanka. Više od 70% površine planeta prekriveno je vodom. A to je samo površina.
- ... da ni jedan planet u Sunčevu sustavu nema ovu neobičnu plavu tekućinu, koja stvara život, a koja ga može i uništiti?
- ... da voda ispunjava 1,33 milijarde kubičnih kilometara (1 330 000 000 km³)? 95% područja pogodnog za život je u oceanima.
- ... da kada bismo podijelili oceane, svaka bi osoba na planetu dobila više od 190 milijarda (190 000 000 000) litara vode?
- ... da 5 različitih oceana dominira Zemljom: Arktički, Antarktički, Atlanski, Indijski i nevjerojatan Tih ocean, majka svih oceana? Te vodene mase međusobno su povezane. Razbacuju ih vjetrovi, povlači Mjesec, grije ih Sunce, pokreće nevidljiva pokretna traka, nikad nemaju mira.
- ... da oceani svakog dana upiju 3 puta više Sunčeve energije, nego je ljudi potroše izgaranjem fosilnih goriva, kao 250 milijarda (250 000 000 000) barela nafte?
- ... da svakog dana ispari bilijun (1 000 000 000 000) tona vode i odnosi milijune megavata potencijalne energije u atmosferu?
- ... da dno oceana ima složeniji krajobraz od kopna s planinama višima od Himalaje i usjecima dubljim od Grand Canyona?
- ... da na čitavom svijetu postoji više od 323 000 km² koraljnih grebena, većinom u tropiskim predjelima? Koralji su živa bića. Imaju ulogu lukobrana i štite obale. Dom su mnogim međusobno ovisnim živim bićima već tisućljećima.

- ... da se Kontinentalna ploča može spustiti ispod dubine od 1500 metara, do najdubljih dijelova oceana?
- ... da je Srednjeoceanska brazda najveći geološki fenomen na planetu? Proteže se 64 300 kilometara preko svjetskih oceana. Uz brazdu se nalaze hidrotermalni ispusti. Ovdje Zemlja puca po šavovima.
- ... da postoje bića koja žive na dubinama od 2000 metara, daleko od Sunčevih zraka, uz nevjerojatan tlak i temperature višu od 370°C i koja žive od kemijskih spojeva iz Zemlje, koji bi ljudima bili otrovni?
- ... da su oceani nastali kad još Zemlja nije ni dala naslutiti kako će izgledati danas? Cijelo vrijeme nastanka planeta magma je izbacivala plinove u atmosferu. Kad je atmosfera postala zasićena vodenom parom, počele su padati kiše, koje su možda trajale i milijunima godina. Stvoreni su prvi oceani, koji su isparili. Proces se ponovio.
- ... da su stromatoliti (kolonije bakterija) prva bića koja su mogla vršiti fotosintezu? Mogli su pretvoriti svjetlost u hranu i podignuti kisik kao nusproizvod, zbog kojeg je boja neba od crvene postala plava. Ali nešto je pošlo po zlu. Planet se pretvorio u sniježnu grud. Prije 2,2 milijarde godina leda je bilo na polovima i na Ekvatoru. Kisik nije mogao zadržavati toplinu kao metan i Zemlja se počela naglo hladiti. Nastalo je ledeno doba.
- ... da je površina oceana u ledeno doba bila smrznuta do 1 kilometra ispod razine? Život je preživio ledeno doba zahvaljujući magmi, koja je stvorila toplije oaze.
- ... da s dubinom većom od 10 600 metara brazda Mariana krije najdublju točku na planetu Zemlji? Ovdje Zemlja guta Tihooceansku ploču. Ovo je mjesto nestajanja.
- ... da sve topliji oceani uslijed globalnog zagrijavanja isparavaju sve više vode, vrtnja Zemlje pokreće vjetar i oceanske struje diljem čitavog planeta, hladne zračne struje sudaraju se s toplim strujama i nastaju oluje? Kada temperature oceana porastu i olujni vjetrovi dobiju na brzini, površine oceana isparavaju ogromne količine vode. Topao vlažan zrak se uzdiže i onda se pri kondenziranju oslobađa još više energije. Počnu padati jake kiše i vjetar ubrzava. Trake oluje počinju se širiti stotinama kilometara. Vjetar daje snagu olujama. Sila Zemljine rotacije, Coriolisova sila, tjera olujne trake u spirale, nastaju uragani u Atlanskom, a tajfuni u Tihom oceanu. Uragani mogu uznemiriti više od 4 km³/s površine Zemlje.

III. dio: Razorne sile

Jeste li znali ...

- ... da je Zemlja planet kojim vladaju sile u borbi za nadmoć?
- ... da su razorne sile, rijeke, led, vjetar, vremenske prilike, gravitacija i sam život stvorile najljepše prizore na planetu, nasilno rođenu ljepotu: vodopade, ponore, planine, stijene, špilje, pješčane dine, ...?
- ... da voda i vjetar imaju neograničeno mnogo strpljenja i s vremenom pobjeđuju, oblikuju nevjerojatne krajolike i urezuju duboke ožiljke u stijenama?
- ... da korijenje drveća ulazi u šupljine i cijepa čitave stijene?
- ... da će za milijardu (1 000 000 000) godina erozija srušiti Himalaju, a za približno 600 000 godina izbrisat će lica s planine Rushmore?
- ... da je Grand Canyon, kojeg je milijunima godina dubila i izdubila rijeka Colorado, dubok više od 1,5 metara, širok 24 kilometara i dugačak 446 kilometara? Jedan je od najdužih i najširih svjetskih kanjona.
- ... da velike ratničke rijeke Nil, Amazona, Mississippi, ako im damo dovoljno vremena, mogu srušiti planine i razlomljeno kamenje odnijeti prema svojim ušćima, do mora?
- ... da će dio mulja tektonske ploče izdignuti u planine, a dio će se vratiti u utrobu Zemlje – magmu – i biti opet ispljunute na površinu?
- ... da stotine ljudi diljem svijeta umire u proklizavanjima tla i ostaju bez svojih domova? Glavni krivci su gravitacija i kiša. Spektakularna erupcija planine Saint Helena, odroni stijena i tla, rušenje vegetacije samo su neki od njih.
- ... da proklizavanje tla može izazvati stravične udarne vodene valove?
- ... da glečeri u pokretu poliraju planet?
- ... da su vodopadi zemaljski vlakovi smrti? Stijena pruža snažan otpor vodi. Podsjetimo se Nijagarinih vodopada visokih gotovo 60 metara.
- ... da nitko ne zna zašto planet danas više ne proizvodi dolomit?
- ... da u Tihom oceanu havajsko otočje uhvati 83 000 000 litara kišnice dnevno? Sva ta voda puni planinske rijeke, koje dube tlo i otkidaju komadić po komadić planine, koji padaju u ocean. Nastaju strašni udarni vodeni valovi.
- ... da je na Islandu Zemlja rascijepljena zbog dvije kontinentalne ploče koje se udaljavaju jedna od druge i to stvara pukotinu s dolinom? Suho

tlo se podiže iznad oceana, litice su izbačene u visine, a sa stražnje ih strane napada otopljena voda iz islandskih čudesnih glečera. Rijeka odnosi čestice s mekše stijene, dok ne ostane ploča, koja prisiljava vodu da ide u širinu i tako nastaju katarakti. Katarakti su superbrze autoceste podivljale vode, koje je najbolje promatrati s obale.

- ... da rijeka Iguazu s preko 275 katarakta na granici između Brazila i Argentine baca gotovo $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ vode niz liticu visoku gotovo 3 kilometra?
- ... da je Anđeoski vodopad u Venezueli najviši neprekidni vodopad na svijetu? Voda pada s visine od nevjerojatnih 979 metara.
- ... da su Viktorijini vodopadi (za domaće stanovništvo Gromoviti dim) na rijeci Zambezi široki više od 1,5 kilometara s padom vode od 128 metara? Izmaglica je vidljiva s udaljenosti od 23 kilometra.
- ... da voda sa stijenama vodi bitku i pod zemljom i stvara prizore koje rijetki ljudi uspiju vidjeti? Špilje – primjer uporne moći vode. Špilje čekaju da budu istražene na svih sedam kontinenata.
- ... da špilje stalno rastu, kao da žive svojim životom?
- ... da kada se stalagmit i stalagtit spoje nastaje stalagmat?
- ... da špilja može nastati, razvijati se i raspasti se u samo nekoliko desetaka tisuća godina, što je veoma malo geološko razdoblje? To dokazuje da voda uvijek pobjeđuje u borbi elemenata.
- ... da je led oduvijek vladao planetom? Najmoćniji element je glečer.
- ... da je danas otprilike 1/10 Zemljine površine prekrivena glečerskim ledom?
- ... da glečeri imaju mudru taktiku vladavine svijetom? Zatočili su oko 3/4 svjetske pitke vode. Većina se nalazi na Antarktiku i Grenlandu.
- ... da glečeri pužu polako, ali sigurno, prikradajući se kao prijeteći divovi? Mogu se kretati brzinom i do 30 metara po danu. Za vrijeme klizanja glečer odnosi tlo, kamenje i zemlju. Može za sobom odnijeti i planinu.
- ... da ako se globalno zagrijavanje nastavi, a glečeri otope i povuku na planine s kojih su došli, razina mora bi se mogla podići i za 6 metara i potopiti priobalne gradove?
- ... da su najsitnije žrtve rata elemenata prah i pijesak? Nošeni vjetrom mogu biti razorne sile.
- ... da pustinje prekrivaju gotovo 1/4 Zemljine površine? Dovoljno pijeska da prekrije cijelu površinu Mjeseca.

- ... da zrno pijeska nošeno vjetrom i gravitacijom poskakuje pa pješčane dine migriraju, a mogu biti visoke i više od 300 metara?
- ... da kad vjetar podigne zrnca pijeska u zrak, pješčana je oluja neizbježna? Posljedica se može vidjeti iz Svemira.
- ... da pijesak pogoršava kvalitetu ionako lošeg zraka u velikim gradovima?
- ... da pijesak donosi spore gljivica koje mogu izazvati teške bolesti (npr. slinavka u Koreji)?

Misli li još uvijek netko da planet ne uzvraća udarce?!

Misli li još uvijek netko da Zemlja neće progutati žrtve svojih razornih sila?!

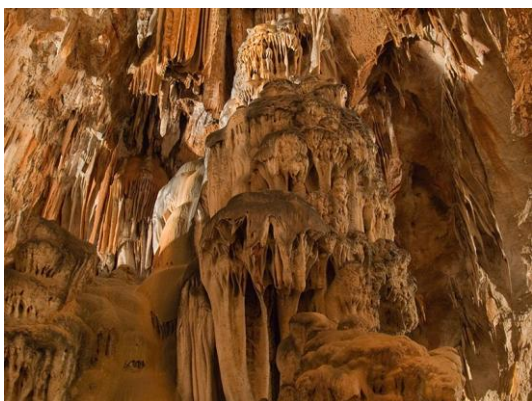
Misli li još uvijek netko da će Zemlja zauvijek izgledati ovako, kakvu je mi poznajemo?!



http://www.martanci.cz/files/article_img/vulkan.jpg



<http://www.index.hr/images2/ledenjaksetopi540.jpg>



http://www.borislavdopudja.net/img/writings/paklenica_7_big.jpg



<http://www.she.hr/UserDocsImages/stil/putovanja/romanticni/niagara-falls.jpg>

Literatura:

- *Nevjerojatni planet: Rođena iz vatre* [CD rom]. National Geographic
- *Nevjerojatni planet: Carstvo oceana* [CD rom]. National Geographic
- *Nevjerojatni planet: Razorne sile* [CD rom]. National Geographic

Pročitajte još:

Žagar, J. (2007.) [Upravljanje radioaktivnim otpadom](#). U. Bešker, M. et al., ur. *Sustavi upravljanja orijentirani na kvalitetu*. Zagreb: Hrvatsko društvo menadžera kvalitete.

UPRAVLJANJE RADIOAKTIVNIM OTPADOM

Sažetak

Svaki čovjek na Zemlji izložen je djelovanju nekog oblika radioaktivnog zračenja. Prirodnim putem radioaktivno zračenje dolazi iz svemira ili je pak pohranjeno u tlu, zraku, vodi i hrani pa prema tome i u svim živim bićima. Ljudi su sami svojim djelovanjem i tehnologijama stvorili dodatne elemente i dodatna zračenja prvenstveno razvojem nuklearnih elektrana, medicine i istraživačkih djelatnosti te ispitivanjem nuklearnog oružja. Kao posljedica tih aktivnosti nastaju radioaktivne otpadne tvari koje se mogu nalaziti u krutom, tekućem i plinovitom agregatnom stanju. Radioaktivna tvar unesena u tkivo može kao i svaka druga neradioaktivna tvar interferirati s biokemijskim reakcijama i na taj način djelovati otrovno. S druge pak strane ionizirajuće zračenje je štetno za tkivo čak i onda kada se samo nalazi u blizini tkiva, jer izaziva ionizaciju molekula na koje nailazi i tako remeti normalno odvijanje biokemijskih reakcija.¹ Velika apsorbirana doza zračenja raspoređena po cijelom tijelu uzrokuje smrt, dok manje lokalne doze oštećuju kožu i lokalno tkivo.² U okolišu, prvenstveno vodom dolazi do dodatnog zagrijavanja i pojačavanja efekta staklenika. Stoga upravljati radioaktivnim otpadom znači biti odgovoran prema okolišu i moralan prema čovjeku.

Ključne riječi: zračenje, radioaktivni otpad

1. SVAKI DAN SMO IZLOŽENI ZRAČENJU

Zračenje je dio svačijeg života. Dolazi iz prirodnih radioaktivnih elemenata rasprostranjenih diljem Zemlje u stijenama i tlu. Šezdeset je radioaktivnih elemenata smješteno u Zemljinoj kori. Najdugovječniji su uran, torij, radij, radon i kalij. Poluživot im traje i do milijardu godina.³ Radioaktivnih elemenata ima u ljudskim kostima i mišićima. Ljudi su sa svojim aktivnostima u nuklearnim elektranama i naoružavanju stvorili neke nove radioaktivne elemente poput stroncija, joda, cezija ili plutonija.³ I na druge načine su dodatno izloženi zračenju. Živeći i radeći u zgradama izgrađenim od betona, cigle, žbuke i crijepa. Čak je i drvena građa radioaktivna, ako postoji prisutnost kalija. Putovanjem avionom i penjanjem na planinu čovjek je izložen zračenju iz svemira, a posjet špiljama dodatno ga ozračuje radonom i radioaktivnim plinovima zarobljenim u njima. Čak i zrno kave sadrži male količine radioaktivnih tvari.⁴

Zračenje se koristi u medicini, industriji, poljoprivredi, u domaćinstvima. Radiofarmaceutsko – terapijska sredstva koja sadrže radioaktivne materijale važna su za otkrivanje i liječenje mnogih bolesti. Radioaktivni materijali koriste se u industrijskoj radiografiji, za analize materijala, mjerne naprave, kontrolu procesa u tvornicama, provjeru propusnosti i čvrstoće naftovoda i plinovoda. Koriste se za mjerenje sadržaja vlage u zemlji pri konstrukciji cesta, za mjerenje visine tekućine prilikom punjenja boca u tvornici pa čak i u uređajima za otkrivanje eksploziva. U poljoprivredi se radioaktivni materijali koriste za zaštitu hrane i kontrolu utjecaja insekata, za mjerenje sadržaja vlage u zemlji, postotka erozije tla ili plodnosti zemlje. Sterilizacija je jedna od najvažnijih upotreba zračenja. Injekcije, sredstva za previjanje, kirurške rukavice i instrumenti steriliziraju se nakon pakiranja izlaganjem zračenju. Detektori dima u kućanstvima imaju u sebi tanki sloj radioaktivnog materijala koji ih čini osjetljivima na dim.⁵

Korištenje i proizvodnja radioaktivnih materijala generira radioaktivni otpad, kojim se treba postupati na prikladan i siguran način.

2. RADIOAKTIVNI OTPAD

Radioaktivni otpad je klasificiran na bazi količine emisije i oblika zračenja i duljine vremena u kojem emitira zračenje. Svrha takve klasifikacije radioaktivnog otpada je osigurati da se s radioaktivnim otpadom postupa i da ga se odlaže na način koji odgovara njegovom karakteru. Kratkovječni radioaktivni materijali imaju poluživot u trajanju kraćem od trideset godina. To znači da će polovina nestabilnih atoma

u kratkovječnom radioaktivnom materijalu prijeći u stabilne produkte raspadanja u manje od trideset godina. Dugovječni radioaktivni materijali imaju poluživot dulji od trideset godina. Međunarodna klasifikacija radioaktivnog otpada, koju je propisala Međunarodna agencija za nuklearnu energiju dana je u tabeli 1.

Tabela 1: Međunarodna klasifikacija radioaktivnog otpada

Tip otpada	Definicija	Odlaganje
Izuzeti otpad	Razine bezuvjetnog oslobađanja radionuklida u čvrstim materijalima nisu veće od razina izuzimanja (0,1 do 10 000 Bq/g).	Bez radioloških ograničenja
Nisko i srednjeaktivni otpad ...	Klasa obuhvaća raspon radioaktivnosti od granice izuzimanja do visoke radioaktivnosti.	
... kratkovječni	Otpad koji sadrži malu koncentraciju dugovječnih radionuklida, manje od 4 000 Bq/g α emiterima. Otpad se pri rukovanju i transportu mora dodatno zaštititi, ali ne i hladiti.	Blizu površine ili u duboko geološko odlagalište. Po potrebi ugraditi sustav prepreka.
... dugovječni	Otpad koji sadrži veliku koncentraciju dugovječnih radionuklida i zahtijeva zaštitu, ali treba malu ili nikakvu mjeru zaštite od rasipanja topline.	U duboko geološko odlagalište. Izolacija od okoliša u dugom vremenskom periodu.
Visokoaktivni otpad	Otpad koji sadrži visoke koncentracije kratkovječnih i dugovječnih radionuklida i razvija znatnu količinu topline radioaktivnim raspadom ($>2\text{kW/m}^3$).	U duboko geološko odlagalište. Visok stupanj izolacije od okoliša.

Izvor: Categories of radioactive waste; <http://www.radioactivewaste.gov.au>⁶ i Radioaktivni otpad, <http://www.apo.hr>; APO – novosti posebna izdanja, lipanj 1996.⁷

3. ZBRINJAVANJE RADIOAKTIVNOG OTPADA

Jedan od načina odlaganja radioaktivnog otpada je potapanje u oceanima, u kojima će se otpad oslobođen nakon raspadanja posuda u koje je pohranjen uslijed kemijskog i mehaničkog djelovanja vode, jednostavno razrijediti u golemoj masi vode i ne bi joj značajno povećao prosječnu radioaktivnost. Osim bacanja spremnika s otpadom u ocean, zamišljeno je i smještanje spremnika duboko u sedimentne stijene na dnu oceana na dubini od nekoliko tisuća metara. Vojni nuklearni pokusi i neki postupci odlaganja otpada su međutim pokazali da se radionuklide ne može tako raspršiti u okoliš, da se u potpunosti isključi njihova koncentracija na pojedinim mjestima a prvenstveno u živim bićima.⁷

Nadzor nad zbrinutim gorivom iz nuklearnih reaktora trebao bi trajati tisućama godina. Stoga ga treba odložiti na mjesta, na kojima prirodni procesi neće pogodovati postupnom prodoru radionuklida u okoliš. Rješenje je, dakle, odlagalište na čvrstom tlu, u stabilnim geološkim slojevima Zemlje, stotinama metara duboko pod zemljom, u granitnim stijenama ili naslagama soli. U takvom će odlagalištu prethodno obrađeni otpad stabilnog oblika i u dugovječnoj ambalaži bez nadzora ostati tisućama godina. Različite ugrađene prepreke i nepropusnost tla spriječit će prodiranje zračenja u okoliš.⁷

Jedan od razmatranih načina odlaganja radioaktivnog otpada je i odlaganje u debelim naslagama leda na Grenlandu i Antarktici. Spremnici s otpadom koji ispušta toplinu bi se spustili u plitke rovove iskopane u ledu, a uslijed otapanja leda bi se spremnici sami spuštali prema dnu ledene naslage. Razmatrano je i usidreno odlaganje pri kojem bi površinska sidra osiguravala potonuće spremnika u led do dubine oko 500 metara. Pri površinskom odlaganju spremnici s otpadom bi se smještali u postrojenje na stupovima, koji bi

sigurno tonuli u led pa bi se cijelo postrojenje moralo podizati. Međutim, odlaganje otpada na Antarktici je zakonom zabranjeno, a istraživanja nisu u potpunosti provedena.⁸

Velika većina ukupnog radioaktivnog otpada može se odlagati u objekte blizu površine ili u razini zemlje, jer ga treba izolirati samo nekoliko stotina godina ili manje, dok ne postane bezopasan. Za tako kratko vremensko razdoblje može se računati na trajnost i nepropusnost izgrađenih prepreka, a odlagalište je moguće nadzirati. Niskoaktivni kratkoživi otpad se najčešće odlaže u zemljane rovove u suhom tlu, jer ne postoji opasnost od protjecanja podzemnih voda i otjecanja radionuklida u okoliš. U vlažnim uvjetima rovovi se moraju obložiti ili zaštititi betonom. Primjer odlaganja kratkoživućeg otpada je smještanje u metalne bačve, koje se slažu u ojačane betonske rovove, koji se popunjavaju građevinskom smjesom i zatvaraju betonom. Ako je riječ o malim količinama ili malim koncentracijama radionuklida, otpadne tvari se mogu ispuštati u okoliš i tretirati kao običan otpad.⁷

Čvrsti radioaktivni otpad ima veliki volumen koji je potrebno smanjiti, jer bi brzo ispunio skladišni prostor u kojem se odlaže prije odlaganja. Jedan od postupaka za smanjenje njegovog volumena je dekontaminacija. Upotrebom mehaničkih, elektrokemijskih i kombiniranih metoda površinski se kontaminirani predmeti dekontaminiraju, prestaju biti radioaktivni te se mogu ponovo koristiti. Primjeri postupaka smanjivanja volumena radioaktivnog otpada prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2: Postupci smanjenja volumena čvrstog nisko i srednjeaktivnog otpada

Postupak	Tvari za koje se koristi	Faktor smanjenja volumena
Sabijanje u bačvu niskotlačnom prešom	Tkanina, plastika, lim, kabeli, sitna oprema	Do 4 puta
Superkompaktiranje bačvi	Tkanina, plastika, papir, lim, manji metalni dijelovi	Do 10 puta
Spaljivanje	Sve zapaljive tvari	Do 30 puta
Rezanje	Sve tvari	Do 2 puta

Izvor: Nisko i srednje radioaktivni otpad, <http://www.nek.si/hr>⁹

4. ZAKLJUČAK

Na prvi pogled najjednostavnije rješenje za odlaganje radioaktivnog otpada, potapanje u oceanima, je ujedno i najneprihvatljivije. Mogućnost da se radionuklidi koncentriraju u okolišu a prvenstveno u živim organizmima mora se u potpunosti isključiti. Radioaktivni otpad mora se što bolje izolirati od okoliša tako dugo dok ne prestane biti opasan. U tom smislu trenutno je najprihvatljivije rješenje odlaganje radioaktivnog otpada u stabilnim geološkim slojevima u čvrstom tlu, udaljeno od podzemnih vodotokova. Otpad se mora prije odlaganja obraditi u smislu smanjivanja njegovog volumena, uklanjanja radionuklida i promjene sastava. Za otpad koji zahtijeva dugo vrijeme izolacije od okoliša nikakvim postojećim tehnologijama ne može se jamčiti pouzdanost, jer se s vremenom povećava vjerojatnost aktivnosti u geološkim slojevima Zemlje koji su bili stabilni stotinama milijuna godina. Neosporno je da je radioaktivni otpad opasan i nepoželjan proizvod nuklearne tehnologije te se ne mogu u potpunosti otkloniti rizici, koji od njega potječu, ali su isti daleko manji od rizika nekih drugih djelatnosti. Prihvaćaju se, jer su dobrobiti koje donose mnogostruko veće.⁷

LITERATURA

- [1] Kovač, K.: Kako djeluje radioaktivnost; <http://escola.hfd.hr>
- [2] Štete od zračenja; <http://hnd.zvne.fer.hr>
- [3] Radioaktivnost; <http://www.phy.hr>
- [4] Radiation and radioactive waste; <http://www.radioactivewaste.gov.au>
- [5] Beneficial uses of radiation; <http://www.radioactivewaste.gov.au>
- [6] Categories of radioactive waste; <http://www.radioactivewaste.gov.au>
- [7] Radioaktivni otpad, <http://www.apo.hr>; APO – novosti posebna izdanja, lipanj 1996., str. 5, 6, 7
- [8] Kovač,E.: Ionizirajuće zračenje: izvori, mjerenje, prevencija: Odlaganje otpada, <http://www.fer.hr>
- [9] Nisko i srednje radioaktivni otpad, <http://www.nek.si/hr>